



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Medicina

Escuela Profesional de Tecnología Médica

**Valor de la eficiencia de los cristales en relación a la
cuantificación del SUV en PET-CT PET SCAN Perú -
CAMN agosto 2017 - noviembre 2018**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Tecnología
Médica en el Área de Radiología

AUTOR

Alexandra Sayuri ORMEÑO LARA

ASESOR

Lic. Luis Frank BERNAL QUISPE

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Ormeño, A. Valor de la eficiencia de los cristales en relación a la cuantificación del SUV en PET-CT PET SCAN Perú - CAMN agosto 2017 - noviembre 2018 [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Profesional de Tecnología Médica; 2019.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

CODIGO ORCID DEL AUTOR: 0000-0002-8312-3705

CODIGO ORCID DEL ASESOR: 0000-0002-4955-646X

DNI DEL AUTOR: 76599977

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DEL ASESOR: SALUD INTEGRAL SAGETRAL
inscrito en sistema RAIS de la UNMSM

INSTITUCIÓN QUE FINANCIA PARCIAL O TOTALMENTE LA
INVESTIGACIÓN: AUTOFINANCIADO

UBICACIÓN GEOGRAFICA DEONDE SE DESARROLLÓ LA
INVESTIGACIÓN: Av. Petit Thouars 4340-4344, Miraflores – LIMA. Latitud: -
12.1054156 Longitud: -77.0301254

AÑO O RANGO DE AÑOS QUE LA INVESTIGACIÓN ABARCÓ: AGOSTO
2017 – NOVIEMBRE 2018



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Medicina
Escuela Profesional de Tecnología Médica



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Conforme a lo estipulado en el Art. 113 inciso C del Estatuto de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (R.R. No. 03013-R-16) y Art. 45.2 de la Ley Universitaria 30220. El Jurado de Sustentación de Tesis nombrado por la Dirección de la Escuela Profesional de Tecnología Médica, conformado por los siguientes docentes:

Presidente: Lic. José Fernando Vásquez Herrera
 Miembros: Mg. Lusin Antonio Ponce Contreras
 Mg. Misael Jefferson Fajardo Quispe
 Asesor : Lic. Luis Frank Bernal Quispe

Se reunieron en la ciudad de Lima, el día viernes 05 de julio 2019, procediendo a evaluar la Sustentación de Tesis, titulado **"VALOR DE LA EFICIENCIA DE LOS CRISTALES EN RELACIÓN A LA CUANTIFICACIÓN DEL SUV EN PET-CT PET SCAN PERÚ – CAMN AGOSTO 2017 – NOVIEMBRE 2018"** para optar el Título Profesional de Licenciada en Tecnología Médica en el Área de Radiología de la señorita:

ALEXANDRA SAYURI ORMEÑO LARA

Habiendo obtenido el calificativo de:

.....
 17
 (En números)

.....
 DIECISIETE
 (En letras)

Que corresponde a la mención de: *Muy BUENO*

Quedando conforme con lo antes expuesto, se disponen a firmar la presente Acta.

.....
 Presidente
 Lic. José Fernando Vásquez Herrera



.....
 Miembro
 Mg. Lusin Antonio Ponce Contreras

.....
 Miembro
 Mg. Misael Jefferson Fajardo Quispe

.....
 Asesor (a) de Tesis
 Lic. Luis Frank Bernal Quispe

Dedicatoria

A mi mamá, quien siempre creyó en mí y me alentó a cumplir mis sueños, con su sabiduría me orientó en este hermoso camino que es la vida universitaria. A la memoria de mi mamita, quien siempre soñaba con ver a sus nietos profesionales; a la memoria de mi primo Dylan, fuiste un niño que nos enseñó mucho, espero verlos y abrazarlos en un futuro.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la vida y protegerme.

A mi mamá por su entrega y amor incondicional, por ser mi mejor amiga, admiro lo valiente y fuerte que eres.

Gracias por ser mi ejemplo de superación.

A mi papá por su amor y apoyo durante este tiempo y por enseñarme a ser fuerte ante las adversidades.

A mis hermanos Adnan, Angelo y Andrei, por estar presentes aportando felicidad a mi vida, por su apoyo y sacrificio para poder cumplir mis sueños. Sé que muy pronto seré yo quien aplauda sus logros, nunca se rindan.

A mis abuelitos Avelino y Martina; a mis tíos Willy, Nilton, Diana y Lissette que de una u otra manera me ayudaron, sin ustedes no lo hubiera logrado, gracias por confiar en mí.

A mis amigos y profesores, quienes compartieron sus conocimientos, apoyo y amistad durante estos cinco años.

A mi asesor Lic. Luis Bernal Quispe por brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico y a su apoyo desinteresado.

El camino no fue fácil, hubo sacrificios, tropiezos y tristezas pero sobretodo alegrías y buenos momentos que siempre quedaran en mi corazón. Gracias a todas las personas que creyeron en mí y fueron parte del cumplimiento de este objetivo.

ÍNDICE

CAPITULO I INTRODUCCIÓN	10
1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES.....	11
1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.3 OBJETIVOS.....	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.4 BASES TEÓRICAS	15
1.4.1 Base teórica.....	15
1.4.2 Definición de términos.....	31
1.4.3 Formulación de la hipótesis	32
CAPÍTULO II MÉTODOS	33
2.1 DISEÑO METODOLÓGICO	34
2.1.1 Tipo de investigación.....	34
2.1.2 Diseño de la investigación	34
2.1.3 Población	34
2.1.4 Muestra y muestreo.....	34
2.1.5 Variables.....	35
2.1.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
2.1.7 Procedimientos y análisis de datos.....	35
2.1.8 Consideraciones éticas	37
CAPÍTULO III RESULTADOS	38
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN	69
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1. CONCLUSIONES.....	72
5.2. RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	79

Lista de tablas

Tabla N° 1: Medidas de tendencia central y dispersión del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).....	39
Tabla N° 2: Frecuencia del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).	41
Tabla N° 3: Medidas de tendencia central y dispersión del Valor de Captación Estándar ($SUV_{máx.}$).....	43
Tabla N° 4: ROIs en la fantoma del Valor de Captación Estándar ($SUV_{máx.}$).....	45
Tabla N° 5: Frecuencia del Valor de Captación Estándar ($SUV_{máx.}$) promedio del día.	47
Tabla N° 6: Medidas de tendencia central y dispersión de la temperatura ambiental.	49
Tabla N° 7: Frecuencia de la temperatura ambiental promedio del día.	51
Tabla N° 8: Medidas de tendencia central y dispersión de la temperatura del gantry.....	54
Tabla N° 9: Frecuencia de la temperatura del gantry promedio del día.....	55
Tabla N° 10: Medidas de tendencia central y dispersión de la humedad relativa.	57
Tabla N° 11: Frecuencia de la humedad relativa promedio del día.	59
Tabla N° 12: Correlación entre el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) y el Valor de Captación Estándar ($SUV_{máx.}$) según el horario de medición y el promedio del día.	62
Tabla N° 13: Correlación entre los factores físicos ambientales y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).	64
Tabla N° 14: Correlación entre la temperatura del gantry y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).....	65

Lista de gráficos

Figura N° 1: Box-plot del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).	40
Figura N° 2: Histograma de frecuencia del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF)..	42
Figura N° 3: Diagramas de error para el Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$) según horario de medición y promedio del día.	44
Figura N° 4: Gráfico de barras de los ROIs en el fantoma del Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$).....	46
Figura N° 5: Histograma de frecuencia del Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$) promedio del día.....	48
Figura N° 6: Gráfico de barras de la temperatura ambiental según el horario de medición..	50
Figura N° 7: Histograma de frecuencia de la temperatura ambiental promedio del día.	52
Figura N° 8: Gráfica de monitoreo de la temperatura ambiental promedio del día.	53
Figura N° 9: Histograma de frecuencia de la temperatura del gantry promedio del día.	56
Figura N° 10: Gráfico de barras para la media del porcentaje de humedad relativa según el horario de medición.	58
Figura N° 11: Histograma de frecuencia de la humedad relativa promedio del día.....	60
Figura N° 12: Grafica de monitoreo de la humedad relativa promedio del día.	61
Figura N° 13: Diagrama de dispersión que muestra el comportamiento de los datos cuando se correlaciona el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) y el Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$) promedio del día.	63
Figura N° 14: Diagrama de dispersión que muestra el comportamiento de los datos cuando se correlaciona la temperatura ambiental promedio del día y la humedad relativa promedio del día.....	66
Figura N° 15: Diagrama de dispersión que muestra el comportamiento de los datos cuando se correlaciona la humedad relativa promedio del día y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).....	67
Figura N° 16: Diagrama de dispersión que muestra el comportamiento de los datos cuando se correlaciona la temperatura ambiental promedio del día y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).....	68

Resumen

Objetivo: Establecer la relación del valor de la eficiencia de los cristales con la cuantificación del SUV.

Metodología: Estudio de tipo observacional, cuantitativo, longitudinal, prospectivo y de nivel relacional. Se realizaron 50 controles de calidad obteniendo el ECF diario, así como el $SUV_{m\acute{a}x.}$, temperatura ambiental, temperatura del gantry y humedad relativa en la mañana, medio día y tarde diariamente. Proceso realizado en PET SCAN PERÚ – CAMN durante el año 2018.

Resultados: Los valores del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) están entre 2,775 y 2,803. El Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$) varía entre 0,9921 y 1,0869. La temperatura ambiental se localiza en el rango de 17,67 °C y 21, 07 °C. Los valores de la temperatura del gantry se ubican entre 34,67 y 36,67. Mientras que la humedad relativa está entre 39,33% y 52%.

Conclusión: Existe correlación inversamente proporcional entre el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) y el Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$), por lo cual, se sugiere continuar con los controles de calidad diario. Además, la temperatura influye indirectamente al $SUV_{m\acute{a}x.}$

Palabras claves: PET-CT, Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF), Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$).

Abstract

Objective: To establish the relationship of the value of the efficiency of the crystals with the quantification of the SUV.

Methodology: Observational, quantitative, longitudinal, prospective and relational level study. 50 quality controls were performed obtaining the daily ECF, as well as the SUV_{max}, environmental temperature, gantry temperature and relative humidity in the morning, midday and afternoon daily. Process carried out in PET SCAN PERÚ - CAMN during the year 2018.

Results: The values of the Crystalline Efficiency Factor (ECF) are between 2,775 and 2,803. The Standard Capture Value (SUV_{max}) varies between 0,9921 and 1,0869. The ambient temperature is located in the range of 17,67 ° C and 21,07 ° C. The values of the gantry temperature are between 34,67 and 36,67. While the relative humidity is between 39,33% and 52%.

Conclusion: There is an inversely proportional correlation between the Crystalline Efficiency Factor (ECF) and the Standard Capture Value (SUV_{max}), Therefore, it is suggested to continue with the daily quality controls. In addition, the temperature influences indirectly the SUV_{max}.

Keywords: PET-CT, Crystalline Efficiency Factor (ECF), Standard Uptake Value (SUV_{max}).

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES

El PET-CT es una tecnología que está en crecimiento a nivel mundial, siendo de gran importancia para la detección, clasificación, estadificación, pronóstico, planificación del tratamiento, evaluación de la respuesta a la terapia y vigilancia de una enfermedad.

El PET-CT es la unión de un Tomógrafo por emisión de positrones (PET) y un tomógrafo computarizado (CT), este combina dos tecnologías diagnósticas independientes para compensar las deficiencias de la otra.¹

En un estudio PET-CT se utiliza un método semicuantitativo para determinar la captación del radiofármaco (F18-FDG) llamado valor de captación estándar o SUV. Hay muchos factores intrínsecos y extrínsecos que afectan al SUV.²

El escáner PET tiene detectores de centelleo, y estos son conformados por cristales de diferentes materiales. El cristal centellador determina diferentes parámetros de funcionamiento. Actualmente, uno de los cristales más usado es el LSO (oxortosilicato de lutecio).³

Dentro de los parámetros de control de calidad del PET se encuentra la reproducibilidad de datos cuantitativos: normalización, calibración cruzada y otros procedimientos. Durante la prueba de estabilidad o normalización diaria, se calcula el factor de la eficiencia de los cristales o factor de calibración PET (ECF), que es un factor integrado que refleja la eficiencia del detector, la desintegración física de las fuentes de calibración y algunos otros parámetros que tienen un impacto en la precisión de la medición.⁴

A continuación, se presenta una serie de antecedentes sobre el tema:

Caroline Descamps en el año 2018, realizó una investigación titulada “Implementación de un sistema de calidad en Medicina Nuclear para PET-CT”, con el objetivo de implantar un protocolo de control de calidad para un equipo de PET-CT Biograph TruePoint de SIEMENS®; se realizaron protocolos que abarcan pruebas para el activímetro, PET, CT y PET-CT; para

cada una, se describieron la frecuencia recomendada y el material necesario, el personal encargado, el procedimiento y los valores de referencia o tolerancias admisibles. En el control de calidad del PET una de las pruebas que se realizaron fue la estabilidad diaria, usando un fantoma de ^{68}Ge (84.73 MBq 03/09/15), el personal responsable fue el licenciado en bioimágenes, se hizo mediante el protocolo de “Quality control”. Resultados: Respecto a la prueba de Estabilidad diaria “se realiza utilizando un procedimiento recomendado por Siemens. Este incluye una normalización de las variaciones en las respuestas de los detectores PET, el cálculo y la verificación del factor de calibración PET (llamado ECF), y la visualización de los resultados de la normalización y la inspección de los sinogramas. El valor ECF es particularmente importante ya que de él depende la correcta cuantificación (valores de SUV) de los datos del paciente. Al finalizar la exploración del maniquí, los resultados obtenidos se muestran en la pantalla: valores del factor de calibración ECF, perfiles de actividad de plano y gráficas de tendencias de los factores ECF. Para permitir un análisis gráfico más rápido y eficiente de los resultados obtenidos, se puso en marcha un registro informático de los datos”. En el caso del factor de calibración o factor de la eficiencia de los cristales (ECF) se registró un seguimiento de tres meses (Ver Anexo 1). Se concluye que “el registro de los controles efectuados es de gran importancia en el desarrollo de un plan de calidad ya que permite, más allá del simple almacenamiento de los valores obtenidos, la consulta de los mismos por los distintos actores involucrados en el uso del equipo de PET-CT y los análisis y seguimiento a largo plazo de eventuales derivas en el tiempo. Se logró un registro eficiente e informatizado a través de planillas y gráficos Excel”.⁵

Nathalia Nuñez Pelaez en el año 2012 realiza un estudio llamado “Programa estándar de control de calidad para un sistema híbrido de Tomografía por Emisión de Positrones-Tomografía Computarizada (PET-CT) utilizado en la Fundación Valle del Lili”, donde se desarrolló un protocolo de control de calidad que abarca las pruebas rutinarias, su periodicidad y rangos de aceptación necesarias para la puesta en marcha de las técnicas que pueden desarrollarse en el tomógrafo híbrido por emisión de

positrones Biograph mCT X-3R de SIEMENS®, las acciones correctivas y preventivas para detectar y corregir posibles fallas y el proceder en caso de detección de desviaciones superiores a los rangos de precisión y exactitud aceptados. Se realizaron pruebas de: alineamiento de los láseres y haz de radiación, espesor de corte efectivo, linealidad y escala de contraste del número CT, resolución espacial de alto contraste, uniformidad y ruido, calibración del desplazamiento del FOV, normalización, cálculo y verificación del factor de calibración del PET, inspección de sinogramas y evaluación de la imagen multi-modalidad PET-CT. Resultados: “Las pruebas de control de calidad para el sub-sistema PET concernientes a la normalización de los detectores, la verificación del factor de calibración del PET y la inspección de los sinogramas de control son realizadas con el maniquí cilíndrico de distribución uniforme de material radiactivo ^{68}Ge . Una vez se posiciona correctamente el maniquí en el gantry a través de los láseres del CT, se realiza una exploración a dicho maniquí con el sub-sistema CT, este con el fin de ser usado para la comprobación de la imagen fusionada, así como para obtener los datos de atenuación lineal que serán usados para la corrección de las imágenes obtenidas por el PET. La verificación del factor de calibración del PET que realiza automáticamente el sistema se rectifica que se encuentra dentro de la tolerancia permitida por el fabricante y se mantiene registro histórico de este valor, puesto que es un valor clave que el equipo usa para computar el SUV de las diferentes imágenes adquiridas”. (Ver Anexo 2)⁶

El Centro de medicina nuclear e imagenología molecular PET SCAN PERÚ – CAMN consta de un equipo PET-CT Biograph LSO HD Truepoint 6 SIEMENS, con cristales de centelleo LSO. Para esta investigación se tomaron datos de controles de calidad durante el período de estudio, y se evaluó si existe algún cambio significativo en el SUV durante el día. Por lo tanto, se formula la siguiente interrogante: ¿Cuál es la relación entre el valor de la eficiencia de los cristales y la cuantificación del SUV?

1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Al evaluar el estudio de PET-CT, los cambios pueden ser sutiles y no ser visualmente evidentes, la cuantificación SUV juega un papel trascendental en este escenario y es de suma importancia comprender las variables que pueden afectar al SUV entre las cuales hay factores biológicos y físicos. Sin embargo, la información respecto a los valores de la eficiencia de los cristales, así como la afectación del SUV es escasa.

El presente trabajo busca ampliar el estudio de la relación entre el valor de la eficiencia de los cristales y el valor de captación estándar (SUV) a fin de lograr que este sea más confiable y preciso.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Establecer la relación del valor de la eficiencia de los cristales con la cuantificación del SUV.

1.3.2 Objetivos específicos

- Obtener el valor ECF.
- Determinar los datos de la cuantificación del $SUV_{m\acute{a}x}$.
- Describir los valores de la temperatura ambiental, temperatura del gantry y humedad relativa.

1.4 BASES TEÓRICAS

1.4.1 Base teórica

PET-CT (Ver Anexo 3)

PRINCIPIO FÍSICO DEL PET

La tomografía por emisión de positrones proporciona datos de procesos fisiológicos variables en el tiempo siendo una imagen molecular in vivo. El PET tiene alta sensibilidad y precisión cuantitativa. Esto se logra gracias a la inyección de compuestos radioactivos, detección de la radiación y reconstrucción de la distribución del radioisótopo. Pasó de ser una modalidad de imagen para la investigación a ser un referente de diagnóstico y estadificación en oncología; además es utilizado para indicaciones cardiovasculares y neurológicas estipuladas.⁷

El radioisótopo deficiente de neutrones emite un positrón a medida que se descompone en un estado estable, el positrón viaja una distancia pequeña (1 a 2 mm) e interactúa con un electrón, ambos aniquilándose,

se genera dos fotones de alta energía que viajan en direcciones opuestas a lo largo de la línea de respuesta, llegando a los detectores del escáner PET. Si la detección de ambos fotones tiene un tiempo corto (1-10 ns. aproximadamente) se llamará evento de coincidencia verdadero en la LOR. El número total de eventos de coincidencia verdaderos detectados es proporcional a la cantidad total de radioisótopo contenido en la línea de respuesta. Así se reconstruye con exactitud la distribución del radioisótopo. Existen sistemas PET que constan con tiempo de vuelo (TOF), donde se localiza la aniquilación a lo largo de la LOR mediante la estimación del tiempo diferencial de la detección de ambos fotones. Antes de que se genere la imagen PET se debe evaluar y compensar los efectos físicos confusos. Entre los más importantes están los que son propios del paciente que deberán ser reestimados para cada exploración; estos son: atenuación, coincidencias dispersas y coincidencias aleatorias.⁷

DETECTORES DEL PET (Ver Anexo 4 Figura 1)

Elaborado para detectar óptimamente 511 KeV de radiación gamma coincidente verdadera. La radiación gamma incidente llega al cristal de centelleo y se produce electrones energéticos generando una cascada de fotones visibles. Esta luz sale del cristal de centelleo, se forma una guía de luz y llega a una matriz de tubos fotomultiplicadores (PMT) que usualmente es un bloque de 2x2. Los tubos fotomultiplicadores tienen amplificadores frontales y otros dispositivos electrónicos que convierten la luz en señal de pulso electrónico. La señal de pulso electrónico se mide y es proporcional al total de energía depositada en el cristal. El centelleo es rechazado si la energía está fuera de rango para 511 KeV de radiación gamma, este rango es establecido por el discriminador de nivel inferior (LLD) y superior (HLD), el cual es 400 KeV y 650 KeV respectivamente. Mientras más se restringe el rango de energía aceptable, los eventos dispersos (interacción en el cuerpo antes de la detección) disminuyen ya que tienen energías inferiores a 511 KeV. El tamaño de los cristales de centelleo individuales limita la resolución espacial del

detector. La electrónica de coincidencia procesa la señal de pulso electrónico obtenido. Esta electrónica coincidente establece la hora de cada evento que fue detectado, dentro de la resolución de tiempo (τ). Luego se confrontan el tiempo de los eventos, si dos eventos tienen el mismo tiempo se consideran simultáneos y se designan como un par de coincidencias. La ventana de tiempo de coincidencia (2τ) delimita la simultaneidad; está en el rango de 4 a 16 ns, debe establecerse lo más angosta posible, así, se rechazan la mayoría de los eventos de coincidencia aleatorios. Las coincidencias aleatorias se dan cuando dos rayos gamma de 511 KeV pertenecientes a diferentes eventos de decaimiento de positrones son detectados en la ventana de tiempo de coincidencia.⁸

La tasa de coincidencia aleatoria depende linealmente de la ventana de coincidencia de tiempo y está dada por la siguiente ecuación:

$$R = 2\tau S_1 S_2$$

Dónde:

R = tasa de coincidencia aleatoria

2τ = ventana de coincidencia de tiempo

S_1 y S_2 = tasas de conteo individuales para un par de detectores

El diseño y configuración adecuada del detector disminuyen los eventos aleatorios y de dispersión. Dentro del diseño se encuentra el material del cristal de centelleo que afecta directamente el rendimiento de la imagen.⁸

- Cristales centelladores: (Ver Anexo 4 Tabla 1)

Convierte la radiación gamma a fotones de baja energía, que son detectados por los tubos fotomultiplicadores. Esto se origina por la presencia de impurezas activadoras en el cristal. Cuando un rayo gamma interactúa con el cristal centellador, algunos electrones saltan

desde la banda de valencia a la de conducción. Seguidamente, dichos electrones retornan a la banda de valencia a través de los estados energéticos creados por las impurezas, provocando transiciones de menor energía en los fotones emitidos. Es decir, el espectro de emisión se traslada hacia longitudes de ondas más largas, en el rango de luz ultravioleta o visible.⁹

- Características más importantes:

- El alto poder de frenado del cristal (detección de la radiación) está determinado por el elevado número de masa y número atómico. Además, el alto número atómico tiene más proporción de efecto fotoeléctrico que efecto Compton, por lo tanto se discrimina mejor la energía de los fotones dispersos.
- La alta producción de luz reduce el ruido en el centelleo y la electrónica de coincidencia, mejorando la resolución de energía.
- El corto periodo de decaimiento del centelleo permite el uso de ventana de coincidencia de tiempo angosta reduciendo la tasa de coincidencia aleatoria.¹⁰ y aumentando la tasa de coincidencia verdadera.¹¹

- Tipos:

- ✓ Germanato de bismuto ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) o BGO: es un centellador inorgánico puro que no requiere activador. Tiene el mayor coeficiente de atenuación para rayos gamma de 511 KeV por el alto número atómico (75) y elevada densidad (7.1 g/cm^3). el efecto fotoeléctrico es 60% más alto que el LSO, 20% para GSO y 58% para NaI (Tl).¹²

La desventaja de BGO es su bajo rendimiento de luz 20% aprox. comparada con el NaI (Tl), por lo tanto, tiene una resolución de

energía inferior a 511 KeV de solo 12% en comparación con 8% para NaI (Tl). El tiempo de desvanecimiento es alrededor de 300 ns y contribuyen a una elevada reducción en la resolución de energía de los detectores BGO. Otra desventaja de BGO es que la intensidad de fluorescencia se eleva en un 1% por cada 1 °C de reducción en la temperatura, lo que requiere una regulación ambiental estricta en relación con los otros cristales.¹³

- ✓ Yoduro de sodio activado con talio o NaI (Tl): es usado en cámaras gamma. El NaI (Tl) tiene la luminiscencia más alta, permitiendo resoluciones de energía del 8% a 511 KeV. Su desventaja radica en que es higroscópico, requiriendo que los cristales estén sellados herméticamente (aluminio); cuando la humedad se filtra en el cristal provoca manchas amarillas, por ende, una desigual transmisión de luz.¹⁴
- ✓ Oxortosilicato de lutecio (Lu_2SiO_5) o LSO: es un centellador activado (Ce^{+3}). La luminiscencia es producida por el activador que emite luz de aproximadamente 420 nm de longitud de onda media, tiene un alto rendimiento de luz (30,000 fotones/MeV), corto tiempo de decaimiento (40 ns), y propiedades mecánicas óptimas. Asimismo, es el segundo en tener el número atómico más alto, determinando la sensibilidad del detector.¹⁴

El LSO reduce la ventana de tiempo de coincidencia de 12 a 6 ns. Alcanza una resolución de energía de 10%. La resolución de tiempo para $3 \times 3 \times 20 \text{mm}^3$ del cristal LSO fue de aproximadamente 450ps.¹⁵

Esta excelente resolución de tiempo se debe principalmente a la ausencia de componentes de tiempo más largo en la disminución de la luz, como ocurre con NaI (Tl), CsI (Tl) y BGO. Esta ventaja de LSO puede permitir su uso en el diseño de escáneres PET de tiempo de vuelo.¹⁶

La variación en la salida de luz por unidad de tiempo entre cristales podría usarse constructivamente en los módulos de PET para la identificación de la profundidad de interacción, para mejorar la resolución espacial de eventos lejos del eje del escáner. Una desventaja de LSO es la presencia de un isótopo de lutecio (^{176}Lu) de larga duración en el cristal. Se ha estimado que el 2.6% del lutecio en LSO es ^{176}Lu , que tiene una vida media de aproximadamente 4×10^{10} años, y da lugar a dos rayos gamma rápidos de 201 y 306 KeV (suma de pico 507 KeV) con un 88 % de rendimiento, que conduce a una tasa de conteo de fondo medida de 240 cps/cc de cristal LSO.¹⁷

Aunque no es higroscópico, el LSO emite fluorescencia cuando se expone a la luz ambiental y, por lo tanto, debe incluirse en un paquete hermético a la luz.

- ✓ Oxortosilicato de gadolinio o GSO: tiene mejores características temporales que el BGO reduciendo el tiempo muerto y mejorando la tasa de conteo de coincidencias. Rechaza con más eficiencia los fotones dispersos debido a su resolución de energía (9%).¹⁰
- ✓ LYSO: tiene una resolución temporal de 700 ps que permite utilizar el tiempo de vuelo o TOF (mide la diferencia temporal entre dos eventos de coincidencia y establece una incertidumbre de la posición donde fue la aniquilación, mejorando la resolución espacial).¹⁰
- Tubo fotomultiplicador

El tubo fotomultiplicador convierte los fotones de luz generados en el detector a impulso eléctrico. El tubo fotomultiplicador es un vidrio al vacío que consta de un fotocátodo (usualmente es una aleación de cesio y antimonio, este libera electrones luego de la absorción de fotones de luz) y un ánodo en los extremos, y en el centro diez

dinodos. Es fijado al detector con grasa óptica o tubos de luz ópticos. Entre el fotocátodo y el ánodo se aplica un voltaje de alrededor de 1000 voltios, y hay incrementos de 100 voltios entre los dinodos. Los fotones de luz llegan al fotocátodo produciendo electrones (7 a 10 fotones de luz emiten 1 a 3 electrones) que son acelerados al dinodo más cercano (gracias a la diferencia de voltaje). Los electrones vuelven acelerarse al siguiente dinodo y se emiten más electrones. Y así sucesivamente hasta que los electrones lleguen al último dinodo, y se produce un pulso de electrones que llega al ánodo. El pulso de electrones es enviado a un amplificador que lo convertirá a un pulso eléctrico y es analizado por el PHA. Posteriormente se envía a la computadora.¹⁸

EQUIPO HÍBRIDO PET-CT

El PET-CT es la unión de un tomógrafo por emisión de positrones con un tomógrafo computarizado. Esta tecnología creciente se apoya y combina para subsanar las deficiencias de cada una. En consecuencia se obtienen mejores resultados diagnósticos y terapéuticos.¹⁹

La tomografía por emisión de positrones es un examen que detecta anomalías metabólicas de una enfermedad usando radiofármacos (isotopo radioactivo fusionado con una sustancia bioquímica) de vida corta. Define los procesos bioquímicos, la función, el flujo sanguíneo y el metabolismo de los órganos.²⁰

La tomografía computarizada tiene dos funciones: facilita una imagen anatómica perfectamente alineada con la imagen PET, y corrige las imágenes PET mediante un mapa de atenuación.²¹

Luego de la inyección del radiofármaco y el tiempo de reposo, se realiza la tomografía computarizada, seguidamente la adquisición PET. Estas imágenes de ambos estudios se pueden fusionar mediante algoritmos. Así obtenemos una imagen funcional y con detalles anatómicos. La

tomografía computarizada cumple además la función de corrección de atenuación rápida y precisa, dando estudios menores a 30 minutos. Las imágenes PET-CT tienen aplicaciones en oncología, neurología, cardiología e investigación.²²

RECONSTRUCCIÓN DE LAS IMÁGENES PET-CT

La reconstrucción de imágenes es suministrar imágenes cuantitativamente precisas de la distribución del radiofármaco emisor de positrones en el paciente, utilizando la radiación gamma detectada junto con los algoritmos matemáticos de la tomografía computarizada. La reconstrucción es importante porque sin esta los datos de PET solo delimitan la ubicación de donde se emite la radiación gamma. Hay dos tipos de reconstrucción de imagen: analítico, utiliza algoritmos matemáticos de la tomografía computarizada que relaciona las mediciones integrales de la LOR con la distribución de la actividad en el paciente; estos algoritmos tienen diferentes nombres, están incluidos la retroproyección filtrada y la reconstrucción de Fourier. Métodos iterativos, modela el proceso de recopilación de datos en un escáner PET y en una serie de iteraciones sucesivas encuentra la imagen que sea más sólida con los datos medidos.²³

CUANTIFICACIÓN

Obtiene información de la intensidad y tamaño de un proceso metabólico o fisiológico. Los métodos de cuantificación son los siguientes:

a) Métodos estadísticos (mapas paramétricos)

Los mapas estadísticos paramétricos (SPM) son usados para estudios de perfusión cerebral. El SPM hace un testeo de una hipótesis para cada vóxel de la imagen y expresa los resultados en un mapa de valores que representa la probabilidad de aceptar o rechazar dicha hipótesis, basándose en un modelo lineal de los datos.²⁴

b) Métodos cuantitativos (estudios cinéticos)

Se utiliza en estudios dinámicos, donde se estudia la cinética de los trazadores para diferenciar distintos tipos de tumores y predecir su pronóstico mediante una cuantificación más exacta.²⁵

c) Métodos semicuantitativos (SUV)

Se utilizan imágenes estáticas para la evaluar visualmente, determinar la actividad del tejido y comparar la captación relativa del tumor. Este método divide la actividad del tejido tumoral entre el tejido normal (T/N), usando datos de las regiones normales y tumorales en las imágenes reconstruidas. Las proporciones son independientes de la dosis administrada, el peso del paciente o el nivel de glucosa en sangre. La elección de un área de referencia normal adecuado, característicamente en el área abdominal y pélvica, es primordial en este análisis. La técnica semicuantitativa más usada es el método de Valor de Captación Estándar (SUV), también llamado Relación de Absorción Diferencial (DUR). Se detalla como la concentración de actividad tisular determinada por la región de interés (ROI), entre la dosis inyectada, y multiplicada por un factor de calibración (peso corporal, la superficie del cuerpo o grasa magra corporal).²⁶

$$SUV = \frac{\text{concentración de actividad}}{\text{dosis inyectada}} \times \text{peso corporal}$$

Los valores SUV son números sin unidades, y para algunos tejidos normales son: <1 para tejidos blandos; 1,5 a 2,0 para la acumulación de sangre 1 hora después de la inyección; 2.5 para el hígado y 3.5 para la corteza renal. Los valores de SUV para tejidos neoplásicos fluctúan entre 2 y 25, dependiendo de las diferentes células cancerosas para F18-FDG. Si todo el radiofármaco se distribuye uniformemente por todo el cuerpo, el SUV en cada

región será 1. Implicaría que el SUV sirve como un índice de relación T/N normalizado.²⁶

Los valores de SUV se ven afectados por factores biológicos y físicos.

Factores biológicos

- ✓ Medida del tamaño corporal: La grasa tiene una absorción menor de FDG que otros tejidos. El SUV para algunos tejidos muestra una fuerte correlación positiva con el peso. Por ejemplo, un paciente delgado con relativamente más músculo probablemente tendrá un SUV más bajo para una lesión determinada porque el músculo compite por el mismo FDG que la lesión.²⁷
- ✓ Nivel de glucosa en sangre: El FDG compite con la glucosa ya que la hexoquinasa también fosforila la glucosa para formar glucosa-6-fosfato. El SUV se reduce si la célula absorbe poco FDG debido a la inhibición competitiva por parte de la glucosa.²⁸
- ✓ Tiempo de captación post inyección: Los tejidos malignos acumulan más FDG en comparación con los tejidos normales. Entonces los tiempos de captación más largos pueden dar un SUV elevado para tejidos malignos en comparación con tiempos de captación más cortos.²⁹
- ✓ Movimiento respiratorio: Se puede sobre corregir o corregir la concentración de radioactividad, lo que cambiaría el SUV debido a la falta de coincidencia entre el PET y la CT por la respiración degradando la calidad de la corrección de la atenuación.³⁰

Factores físicos

- ✓ Resolución espacial: El efecto de volumen parcial afecta el SUV. Hay dos tipos de efecto del volumen parcial: un vóxel representa la radioactividad a partir de un volumen mayor que las dimensiones del vóxel (y potencialmente múltiples tipos de tejidos) y la radioactividad de una región muy pequeña se medirá en una colección de vóxeles contiguos. Por lo tanto, una fuente pequeña aparecerá en la imagen final como una fuente más grande y menos intensa causando una subestimación de la actividad máxima original.³¹
- ✓ Variabilidad interscanner: Los diferentes fabricantes y modelos de escáner tienen diferentes propiedades físicas, opciones de adquisición y reconstrucción. Cada escáner tiene un factor de calibración para convertir los cuentas en radioactividad.³²
- ✓ Cambios en los parámetros de reconstrucción: Estos parámetros determinan la precisión cuantitativa como la resolución final de la imagen. Con los métodos de reconstrucción iterativa, se debe aplicar una cantidad suficiente de iteraciones para aseverar una convergencia suficiente del algoritmo. Una convergencia insuficiente dará como resultado un SUV dependiente del objeto. El tamaño de la matriz y factores de zoom aplicados durante la reconstrucción establecen el tamaño final del vóxel y pueden llevar a una pérdida adicional de resolución cuando el tamaño del vóxel es mayor que la mitad del FWHM pretendido (criterios de Nyquist). Otros parámetros como el uso del tiempo de vuelo y parámetros de relajación, afectan la calidad de la imagen y el resultado del SUV.³³
- ✓ Error de calibración entre el escáner y el calibrador de dosis: Si hay un error en la calibración de la tasa de conteo medida a la verdadera concentración del radioisótopo entre el escáner de

PET y el calibrador de dosis, el SUV se verá afectado porque eso se incluye la actividad inyectada como la concentración medida del radioisótopo.³⁴

- ✓ Falta de coincidencia de tiempo entre el escáner y el calibrador de dosis: Si el calibrador de dosis y los relojes del escáner PET no están sincronizados, el tiempo de decaimiento calculado no será correcto, dando un error en el cálculo del SUV.³²
- ✓ Uso de material de contraste para PET-CT: Los materiales de contraste en las imágenes de tomografía computarizada (TC) puede causar problemas en la corrección de la atenuación de las imágenes de tomografía por emisión de positrones (PET).³⁵
- ✓ Variabilidad interobservador: La variabilidad entre los observadores en la colocación y el tamaño del ROI dentro de las imágenes pre y postterapéutica afecta las mediciones del SUV.³⁶

CONTROL DE CALIDAD

El objetivo del control de calidad es verificar que las imágenes reflejen con precisión la distribución del radiofármaco en el paciente. Es importante el monitoreo de los cambios en el rendimiento para que el servicio se pueda programar y realizar el mantenimiento. Los sistemas PET-CT requieren el monitoreo de parámetros relacionados con el rendimiento del escáner PET y CT y el co-registro de los datos PET-CT. Los fabricantes del PET-CT habitualmente recomiendan procedimientos para el control de calidad rutinario de sus equipos. Cada fabricante define procedimientos que son específicos de sus propios productos.³⁷ En Siemens, se realiza un control de calidad diario, trimestral, semestral (Ver Anexo 5) y anual.³⁸

CLIMA

El control del clima de la sala del escáner debe suministrarse las 24 horas del día y los 7 días de la semana. La disipación de calor en la sala de escaneo para el PET-CT Biograph es 4.4 kW (16650 BTU/h). La temperatura ambiente del escáner debe estar entre 20 y 24 °C y no debe variar más de ± 1.5 °C por hora. La presión de aire debe mantenerse entre 750 y 1060 mbar. La humedad relativa es de 15 a 75 % sin condensación, y el rango recomendado es de 30 a 70 %. La temperatura constante se conserva mediante sistemas de refrigeración integrados y externos. Requiere de la instalación de un monitor de temperatura de dos etapas para apagar el sistema en caso de una acumulación excesiva de calor en la sala de escaneo y en la sala de máquinas. La sala de escaneo debe estar equipada con cuatro válvulas de cierre cerca del escáner para poder interrumpir el flujo de agua entre las enfriadoras de agua y el escáner.³⁹

PARÁMETROS DE CONTROL DE CALIDAD EN PET

RESOLUCIÓN ESPACIAL

La resolución espacial diferencia entre dos puntos después de la reconstrucción, y es un factor importante para establecer el tamaño de una lesión que pueda ser detectada en la imagen. El propósito es medir la resolución espacial tomográfica del sistema en aire y cerciorar que la resolución espacial no está degradada por cualquier adquisición tomográfica o proceso de reconstrucción. Una medida en aire indica el mayor desarrollo posible puesto que minimiza los efectos de la radiación dispersa, sin embargo, se debe notar que la resolución espacial se ve afectada por el punto en el cual este es medido y la dirección en la cual se mide. De forma teórica la resolución espacial que puede ofrecer un tomógrafo por emisión de positrones debería ser aproximadamente la mitad del tamaño del cristal que compone la matriz del bloque detector, pero en la práctica, la no colinealidad de los fotones del evento de aniquilación y la energía de estos, los artefactos introducidos durante la

reconstrucción y el ruido estadístico asociado a la detección misma degradan la resolución hasta en 4 mm.⁴⁰

SENSIBILIDAD

La sensibilidad es donde el sistema transforma cada fotón que llega a los detectores en un evento, es decir, relaciona la tasa de cuentas medida con la cantidad de radiactividad dentro del campo de visión. El objetivo de esta prueba es determinar la tasa de eventos de coincidencia verdaderos detectados por unidad de concentración de radiactividad para una configuración de una fuente estándar.

$$S_{tot} = R_{CORR}/A_{cal}$$

- S_{tot} : sensibilidad del sistema
- R_{CORR} : tasa de cuentas sin atenuación
- A_{cal} : actividad total⁴⁰

FRACCIONES DE DISPERSIÓN, CONTEO DE PÉRDIDAS Y MEDIDAS DE SUCESOS ALEATORIOS

La fracción de dispersión es la suma de sucesos de dispersión y las coincidencias aleatorias insignificantes (baja tasas de cuentas), la fracción de dispersión debe ser pequeña. El conteo de pérdidas debido al tiempo muerto debe ser despreciable. El parámetro NEC (Noise Equivalent Count rate) estima las tasas de recuento útiles de un escáner teniendo en cuenta la contribución de los eventos verdaderos, dispersos y aleatorios a la tasa de coincidencia total.⁴¹

CALIDAD DE IMAGEN. PRECISIÓN DE CORRECCIONES DE ATENUACIÓN Y DISPERSIÓN DE LA CUANTIFICACIÓN

Evaluar la calidad de imagen usando un fantoma con puntos fríos y calientes que simulen imágenes clínicas. Además, esta prueba permite calcular las correcciones de atenuación y dispersión así como cuantificar las medidas absolutas de actividad en un volumen de interés.⁴¹

RESOLUCIÓN DE ENERGÍA

Verifica el correcto funcionamiento de los tubos fotomultiplicadores y asegura que la eficiencia de la luz recogida esté dentro de las especificaciones del fabricante.⁴¹

ESTABILIDAD O NORMALIZACIÓN DIARIA

En una adquisición rutinaria y rápida se evalúa la constancia del funcionamiento del sistema de detectores, y permite conocer cualquier cambio.⁴¹

Antes de reconstruir la imagen, los sinogramas que se corrigen con la sensibilidad de los detectores, con el fin de compensar los efectos de:

- Distribución no similar de las líneas de respuesta (LORs).
- Discrepancia en la sensibilidad de los cristales.

Un tomógrafo por emisión de positrones llega a contener más de diez mil detectores. Las diferencias significativas en su respuesta pueden ser debido al acoplamiento óptico, posición relativa y otros factores. Para corregir estas diferencias se obtienen factores de normalización o eficiencia de los cristales (ECF) que permite a los detectores generar una respuesta análoga si están “viendo” la misma fuente radiactiva.⁴²

Se realiza antes de empezar el primer paciente y se emplea un fantoma con material radioactivo. Los sinogramas que se obtienen son inspeccionados visualmente de manera cuidadosa, se distingue si hay una línea hiperintensa o banda diagonal. La presencia de estos artefactos en el sinograma, nos indica que el detector (cristal) o bloque detector funciona deficientemente, es decir que tiene menor sensibilidad que los otros detectores, indicando que la ganancia del tubo fotomultiplicador, la ventana de energía del foto-pico o el mapeo del cristal del bloque afectado y de los datos de normalización o componentes del hardware deben ser ajustados, reparados o reemplazados.⁴²

El valor ECF es un factor que se obtiene:

$$ECF = \frac{\text{concentración de fantoma conocido}}{ROI \text{ imagen no cuantitativa (recuento / píxel / seg)}}$$

En ocasiones se realiza una calibración cruzada para que, en lugar del fantoma de germanio, el calibrador de dosis se mida con el PET y ECF, esto habitualmente ocasiona una cuantificación más precisa. La verificación de ECF determina si la calibración de la imagen absoluta se calculó correctamente para que el escáner dé resultados cuantitativos. Esta prueba se calcula en las imágenes reconstruidas en lugar del sinograma.³⁹

PRUEBA MODO CLÍNICO

La intención de esta prueba es comprobar que todos los componentes funcionen correctamente durante la exploración clínica e identifica posibles problemas con el subsistema PET y CT, incluyendo las correcciones de la atenuación, movimiento de la cama, reconstrucción y registro PET-CT.⁶

UNIFORMIDAD

El sistema detecta una fuente uniforme de radiación y responde exactamente lo mismo en cualquier localización dentro del campo de visión. Se coloca sobre la imagen reconstruida de un fantoma con distribución radioactiva uniforme, ROIs en el centro y alrededor de la imagen, asegurándose que todos los ROIs sean similares. Como valor de referencia se admiten diferencias en la uniformidad de la respuesta de los detectores no mayor al 10%.⁴⁰

NORMALIZACIÓN

Subsana las diferencias de sensibilidad producidas por la variación de la eficiencia de los detectores, la suma de datos de elementos contiguos, ángulo sólido subtendido y diferente separación entre bloques. Se realiza

en la reconstrucción, corrigiendo las imágenes por la variación de la eficacia de las líneas de respuesta (LORs) en cada corte. El uso de datos erróneos de normalización afecta la calidad de la imagen. Esta prueba puede realizarse mensual, trimestral o cuando los resultados del control de calidad diario indiquen la necesidad de renormalización o se repare el sistema detector del tomógrafo por emisión de positrones.⁴¹

CALIBRACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ACTIVIDAD

Tiene como fin establecer factores que cambian los eventos reconstruidos a la concentración de actividad en la imagen, es decir, correlacionan los valores de los píxeles en cada imagen con la actividad específica medida; factores de calibración equívocos provocan errores de cuantificación de las imágenes.⁴¹

1.4.2 Definición de términos

SUV (Valor de Captación Estándar): Es una medición semicuantitativa de la captación del radiofármaco en un punto. Es utilizado para determinar áreas benignas y malignas. El valor de captación estándar muestra si la captación del FDG aumenta o disminuye en una lesión. Además, compara y mide la respuesta al tratamiento.⁴³

ECF (Valor de la Eficiencia de los Cristales): Es un factor que divide la concentración de la actividad del fantoma entre el promedio de conteos en la imagen no cuantitativa medida para una región de interés.⁴⁴

FANTOMA: Es un instrumento que aparenta condiciones concretas del cuerpo humano y permite evaluar el desarrollo a futuro del tomógrafo por emisión de positrones, tiene forma de cilindro conteniendo una distribución uniforme de ^{68}Ge que decae por desintegración beta positivo, produciendo fotones de energía de 511 KeV.⁴⁵

CRISTAL CENTELLADOR: Material que absorbe parte de la energía de una partícula incidente (electrones, positrones u otras partículas o iones más pesados) y emite luminiscencia.⁴⁶

CONTROL DE CALIDAD: Parámetros que garantizan el correcto funcionamiento del equipo PET, comprueban que las imágenes reflejen con precisión y exactitud la distribución del radiofármaco en el paciente.³⁷

1.4.3 Formulación de la hipótesis

Existe una relación entre el valor de la eficiencia de los cristales y la cuantificación SUV.

CAPÍTULO II

MÉTODOS

2.1 DISEÑO METODOLÓGICO

2.1.1 Tipo de investigación

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo porque aplica técnicas de procesamiento de números y análisis de datos. Y de nivel relacional porque demuestra dependencia probabilística entre eventos y su estadística bivariada permite hacer asociaciones y medidas de asociación.

2.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es observacional porque no hay intervención por parte del investigador y éste se limita a medir las variables; es prospectivo porque se desarrolla a medida que los hechos suceden en el tiempo y los datos se analizan en el futuro; y de corte longitudinal porque es un estudio diseñado para recolectar datos a través del tiempo.

2.1.3 Población

Controles de calidad diarios del PET-CT, realizados en el área de Medicina Nuclear del Centro de medicina nuclear e imagenología molecular PET SCAN PERÚ - CAMN dentro del período de estudio.

2.1.4 Muestra y muestreo

Muestra: la muestra estuvo constituida por la población de estudio; es decir, se analizaron 50 parámetros de controles de calidad diarios del PET-CT, realizados en el área de Medicina Nuclear del Centro de medicina nuclear e imagenología molecular PET SCAN PERÚ - CAMN dentro del período de estudio.

Muestreo: no probabilístico, por conveniencia.

2.1.4.1 Criterios de inclusión

- Valores de los parámetros del control de calidad diario (mañana, mediodía y tarde).

2.1.4.2 Criterios de exclusión

- Datos de los días en que fallo el equipo.
- No pasó el control de calidad diario.

2.1.5 Variables

- Valor de la eficiencia de los cristales
- SUV
- Temperatura ambiental, temperatura del gantry y humedad relativa

2.1.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó fue análisis documental y observación. El instrumento que se usó fue una ficha de recolección de datos. (Ver Anexo 6) El instrumento estuvo previamente validado mediante juicio de expertos. (Ver Anexo 7)

2.1.7 Procedimientos y análisis de datos

El plan de recolección de datos se inició con la aprobación del proyecto por la Escuela Profesional de Tecnología Médica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Posteriormente se solicitó el permiso mediante un oficio al Gerente del Centro de medicina nuclear e imagenología molecular PET SCAN PERÚ - CAMN (Ver Anexo 8), con la finalidad de obtener la autorización y las facilidades para realizar el estudio.

Procedimiento de recolección de datos:

Aprobada la solicitud se realizó la toma de datos en el equipo PET-CT Biograph LSO HD Truepoint 6 Siemens, cuarta generación. Se utilizaron dos fantomas de 2.048 mCi con el que se realizaron 21 controles de calidad y de 1.932 mCi para 29 controles de calidad (Ver Anexo 9).

Diariamente se realizaron los siguientes pasos:

✓ Mañana:

- Se coloca el fantoma de ^{68}Ge para realizar el protocolo de control de calidad diario, apuntando en la ficha de recolección de datos el valor del ECF.
- Se realiza el protocolo creado (PETCT_PROTUNMSM_ASOL) para el fantoma ^{68}Ge con una duración de 2 min. (Ver Anexo 10)
- Se anotan la temperatura de gantry (dato en el equipo), temperatura ambiental y humedad (termohigómetro) en la ficha de recolección de datos.

✓ Mediodía:

- Se realiza el protocolo creado (PETCT_PROTUNMSM_ASOL) para el fantoma ^{68}Ge con una duración de 2 min.
- Se anotan la temperatura de gantry (dato en el equipo), temperatura ambiental y humedad (termohigómetro) en la ficha de recolección de datos.

✓ Tarde:

- Al finalizar el turno se realiza el protocolo creado (PETCT_PROTUNMSM_ASOL) para el fantoma ^{68}Ge con una duración de 2 min.

- Se anotan la temperatura de gantry (dato en el equipo), temperatura ambiental y humedad (termohigómetro) en la ficha de recolección de datos.
- ✓ En la estación de trabajo, se colocan en las imágenes obtenidas (mañana, mediodía y tarde) 5 ROIs para obtener el SUV, tomando como referencia el $SUV_{m\acute{a}x}$.
- ✓ Todos los datos fueron ingresados al programa Excel para el posterior análisis.

Análisis de datos:

Para realizar el análisis de datos del presente trabajo de investigación, fue necesario recurrir al empleo de tablas de frecuencias, gráficos con sus respectivos análisis e interpretaciones estadísticas.

Para la estadística se usó el software SPSS, para determinar la correlación de las variables se usó la prueba de Spearman.

2.1.8 Consideraciones éticas

Se solicitó los permisos respectivos a los encargados del servicio para que se permita la aplicación de la ficha de recolección de datos. (Ver Anexo 8)

CAPÍTULO III

RESULTADOS

Tabla N° 1: Medidas de tendencia central y dispersión del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).

Medidas de resumen	Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF)		
	Fantoma 1*	Fantoma 2^	Total^^
Media	2,778	2,791	2,785
DE**	0,002	0,007	0,008
Mediana	2,778	2,789	2,784
Moda	2,777	2,784	2,777
Rango	0,005	0,024	0,028
Máximo	2,78	2,803	2,803
Mínimo	2,775	2,779	2,775

* Actividad: 2,048 mCi, con 21 unidades de muestreo

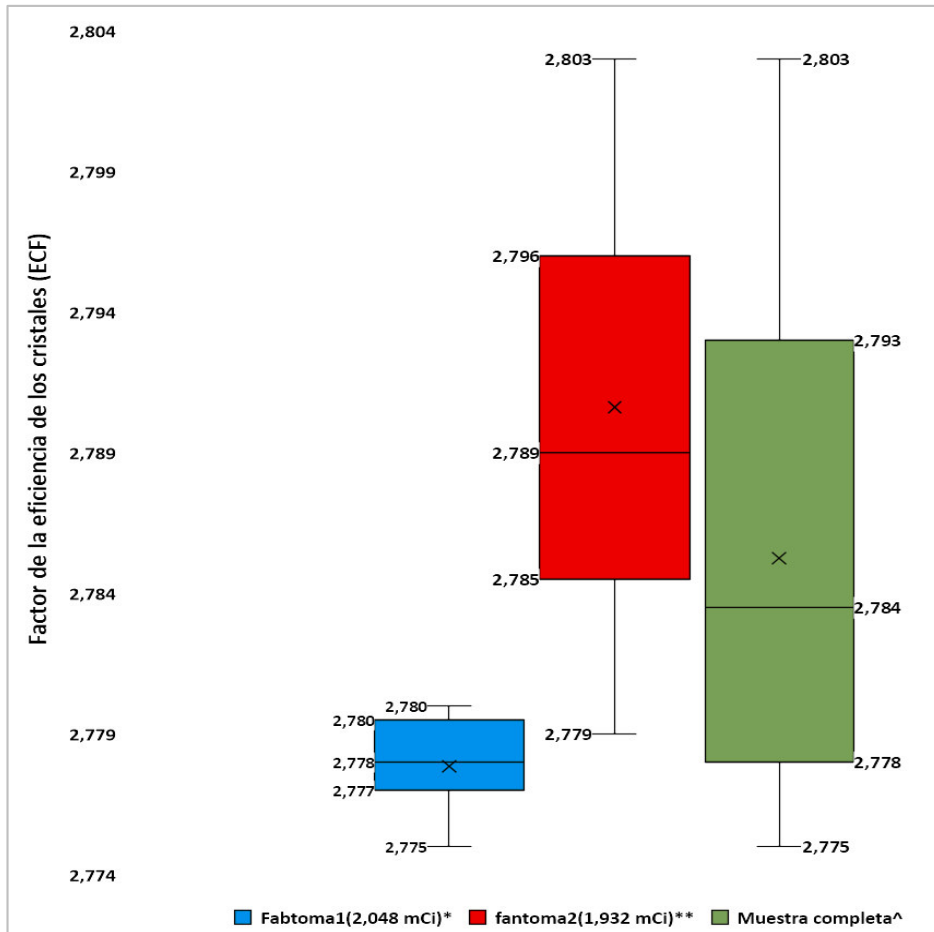
^ Actividad: 1,932 mCi, 29 unidades de estudio

** Desviación estándar

^^ En la muestra de 50 parámetros de control de calidad

Fuente: elaboración propia

La media del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) con el fantoma 1 es 2,778, mientras que para el fantoma 2 es 2,791 y para la muestra total de 50 unidades de observación es 2,785. La desviación estándar mayor se presenta en la muestra total con un valor de 0,008. La mediana con el uso de la fantoma 1 es 2,778, para el fantoma 2 es 2,789 y para la muestra total es 2,784. El valor más frecuente usando el fantoma 1 es 2,777 al igual que en la muestra completa.



*21 unidades de observación

**29 unidades de observación

^En la muestra de 50 parámetros de control de calidad

Figura N° 1: Box-plot del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).

Fuente: elaboración propia

Para el fantoma 1 los valores del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) se encuentran muy concentrados en el 50 % central cuya mediana presenta el valor de 2,778 y tiene los valores más bajos comparado con los del fantoma 2 y también con los de la muestra completa. El fantoma 2 presenta la mediana más alta de los tres grupos comparados, con un valor de 2,789 y los valores se encuentran ligeramente más concentrados por debajo de la mediana. Los valores con este último fantoma presentan una dispersión mucho mayor comparado con el fantoma 1 y más parecida a la dispersión de los valores considerando la muestra completa. La muestra total presenta una mediana intermedia con un valor de 2,784 y una concentración mayor por debajo de la mediana, sus valores presentan la mayor dispersión en el 50 % central.

Tabla N° 2: Frecuencia del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).

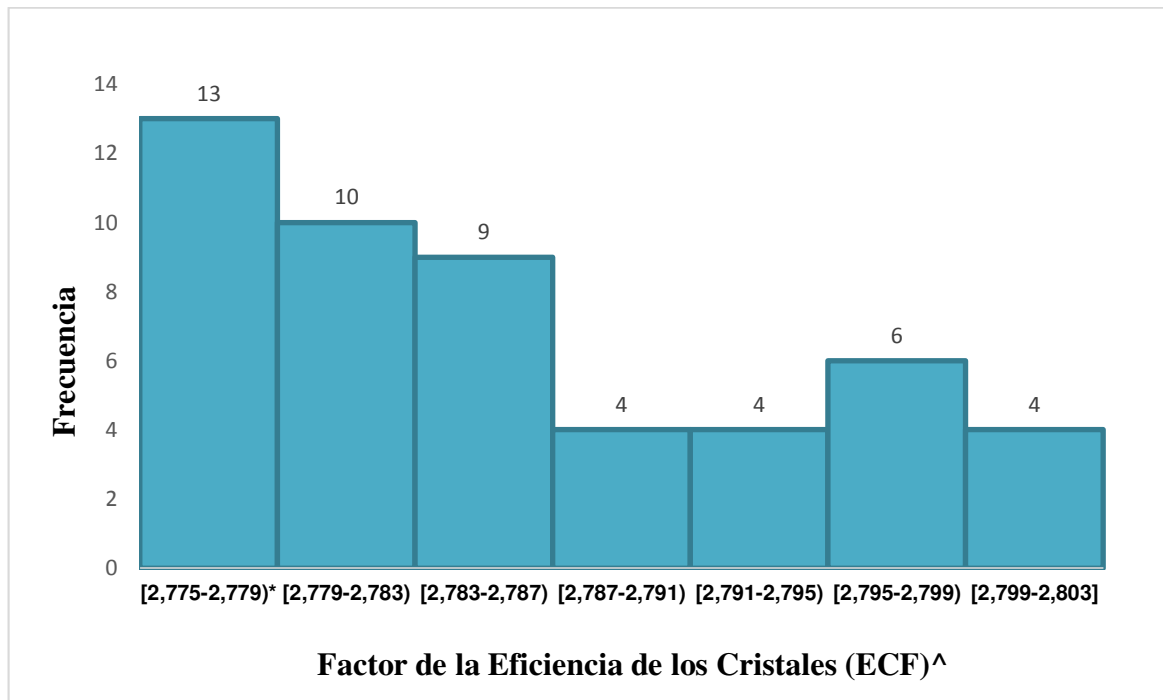
Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF)	MC*	Frecuencia	(%)
[2,775-2,779) ^	2,777	13	26
[2,779-2,783)	2,781	10	20
[2,783-2,787)	2,785	9	18
[2,787-2,791)	2,789	4	8
[2,791-2,795)	2,793	4	8
[2,795-2,799)	2,797	6	12
[2,799-2,803]	2,801	4	8

*Marca de clase

^intervalo abierto por la derecha

Fuente: elaboración propia

El 26% de los Factores de la Eficiencia de los Cristales (ECF) presenta valores entre 2,775 y menor a 2,779, el 20% presenta valores del ECF entre 2,779 y menor a 2,783, el 18 % entre 2,783 y menor a 2,787, el 8 % entre 2,787 y menor a 2,791, el 8% entre 2,791 y menor a 2,795, el 12% entre 2,795 y menor a 2,799 y por último el 8 % entre 2,799 y 2,803.



*Intervalo abierto por la derecha

^En la muestra de 50 parámetros de control de calidad

Figura N° 2: Histograma de frecuencia del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).

Fuente: elaboración propia

El histograma de frecuencia del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) presenta una fuerte asimetría positiva de 0,628 con mayores concentraciones de datos hacia la izquierda del histograma. La mayor frecuencia del ECF se encuentra en el intervalo de 2,775 hasta 2,779 abierto por la derecha con un total de 13 unidades de observación. En el intervalo de valores del ECF más altos que va de 2,779 hasta 2,803 se contabilizaron 6 unidades de observación. El intervalo de valores del ECF más bajos que va de 2,775 hasta 2,779 se contabilizaron 13 unidades de observación.

Tabla N° 3: Medidas de tendencia central y dispersión del Valor de Captación Estándar (SUV_{máx.}).

Medidas de resumen	Valor de Captación Estándar (SUV _{máx.})			
	Mañana	Mediodía	Tarde	Promedio del día*
Media	1,0258	1,024	1,0292	1,0264
DE [^]	0,004	0,003	0,004	0,003
Rango	0,1274	0,106	0,117	0,0949
Máximo	1,1094	1,0812	1,092	1,0869
Mínimo	0,982	0,9752	0,975	0,9921

No existe diferencia entre grupos (ANOVA $p < 0,05$)

*Es la media tomada a partir de las medidas de la mañana, medio día y tarde.

[^]Desviación estándar

Fuente: elaboración propia

La media del Valor de Captación Estándar (SUV_{máx.}) en el horario de la mañana es 1,0258, para el medio día es 1,024, para la tarde es 1,0292 y para el promedio del día completo es 1,0264. La desviación estándar del SUV_{máx.} para la mañana es 0,004, para el mediodía es 0,003, para la tarde es 0,004 y para el promedio del día es 0,003. Los grupos analizados presentan similar rango cuyo máximo valor pertenece a la medida de la mañana que es 1,1094.

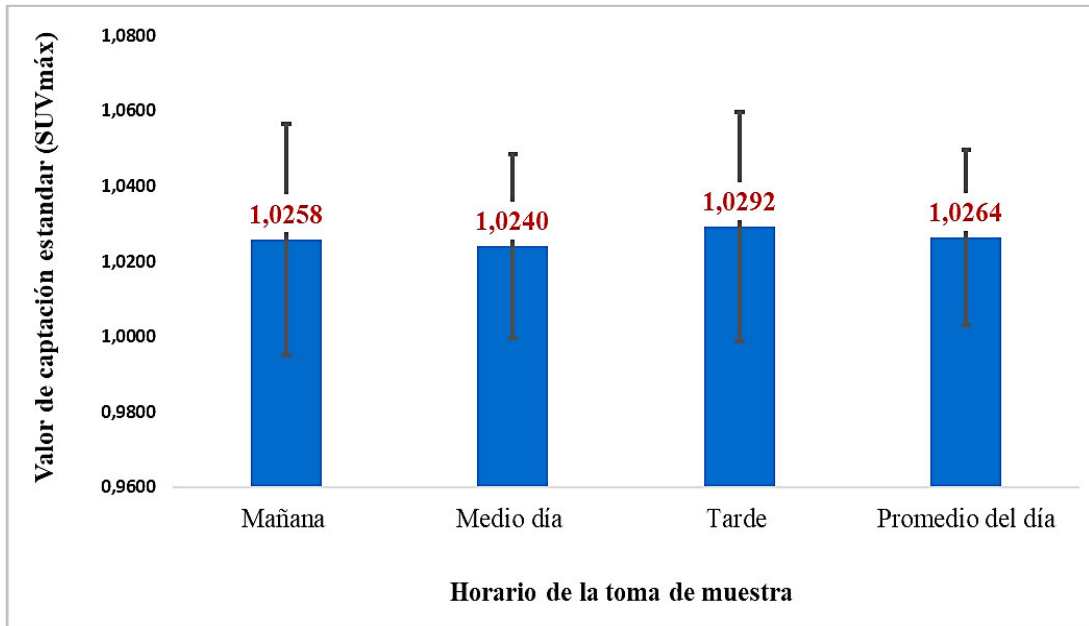


Figura N° 3: Diagramas de error para el Valor de Captación Estándar (SUV_{máx}.) según horario de medición y promedio del día.

Fuente: elaboración propia

Los diagramas de error indican que los promedios del Valor de Captación Estándar (SUV_{máx}.) en los tres horarios de medición de este parámetro son muy similares entre sí y al promedio del SUV_{máx}. del día. El mayor se presenta en la medición de la tarde con un valor de 1,0264 mientras que el menor valor se presenta al mediodía con un valor de 1,024. La mayor dispersión respecto de la media se presenta en la mañana y en la tarde, y la menor al mediodía.

Tabla N° 4: ROIs en la fantoma del Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$).

Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$)	ROI1	ROI2	ROI3	ROI4	ROI5	Promedio
$SUV_{m\acute{a}x.}$ de la mañana	1,029	1,033	1,019	1,03	1,018	1,026
$SUV_{m\acute{a}x.}$ del medio día	1,031	1,034	1,022	1,024	1,009	1,024
$SUV_{m\acute{a}x.}$ de la tarde	1,028	1,046	1,019	1,038	1,015	1,029

ANOVA (p 0,05)

Fuente: elaboración propia

No existen diferencias significativas entre los diferentes ROIs del fantoma cuantificados para el Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$) en un mismo horario de medición. Tampoco se observa diferencias significativas entre las medidas de ROI entre los diferentes horarios de medición.

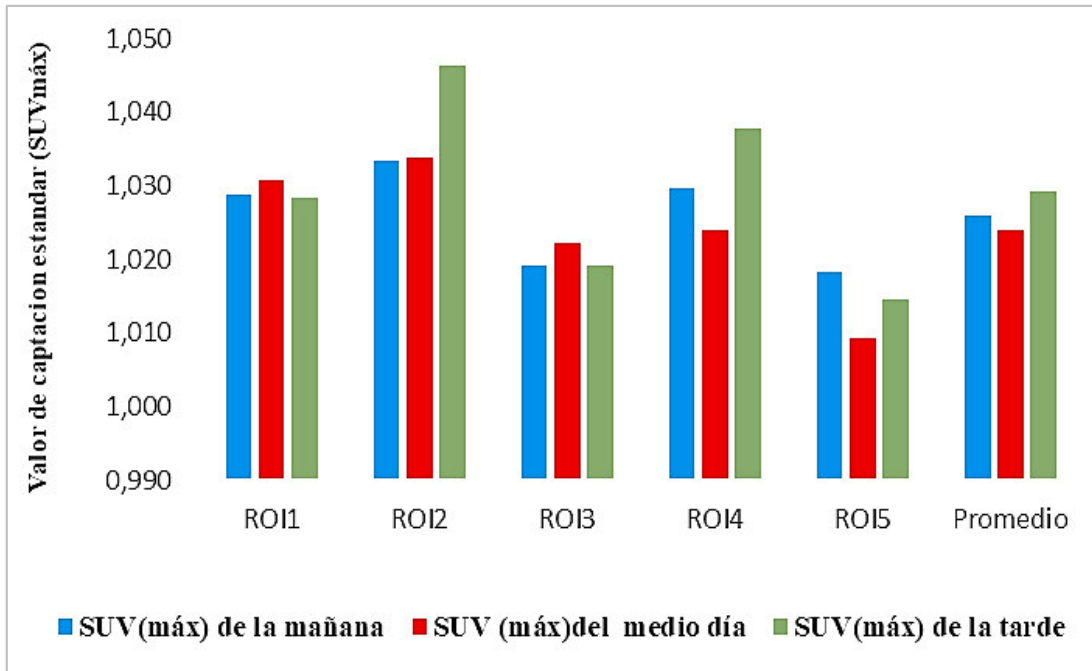


Figura N° 4: Gráfico de barras de los ROIs en el fantoma del Valor de Captación Estándar ($SUV_{máx}$).

Fuente: elaboración propia

Se observa en el gráfico de barras que los valores más altos en los tres horarios para el Valor de Captación Estándar ($SUV_{máx}$) se cuantificaron en el ROI 2 del fantoma. Los valores más bajos en los tres horarios para el $SUV_{máx}$ se cuantificaron en el ROI 5 del fantoma. El valor del $SUV_{máx}$ en los cinco ROIs del fantoma son bastante similares entre sí y con el $SUV_{máx}$ promedio para cada horario.

Tabla N° 5: Frecuencia del Valor de Captación Estándar (SUV_{máx.}) promedio del día.

Valor de Captación Estándar (SUV _{máx.})*	MC [^]	Frecuencia	(%)
[0,9921-1,0056) **	0,999	13	26
[1,0056-1,0192)	1,012	12	24
[1,0192-1,0327)	1,026	3	6
[1,0327-1,0463)	1,040	6	12
[1,0463-1,0598)	1,053	13	26
[1,0598-1,0734)	1,067	2	4
[1,0734-1,0869]	1,080	1	2

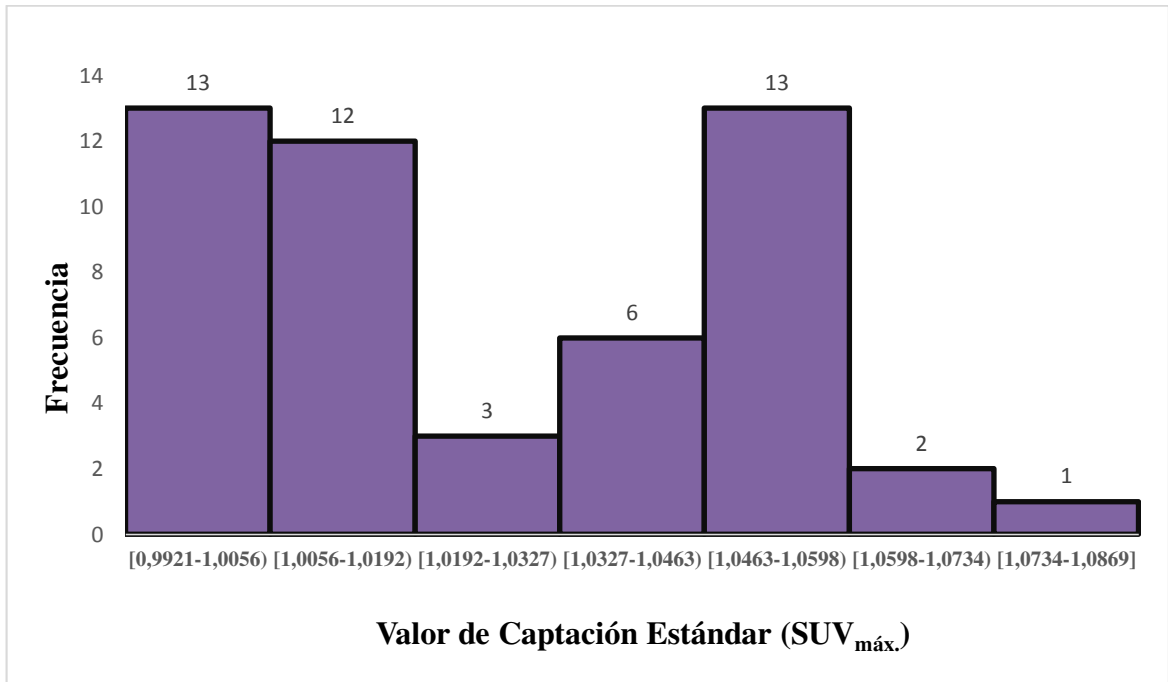
*Promedio del día

[^]Marca de clase

**Intervalo abierto por la derecha

Fuente: elaboración propia

El 26 % del Valor de Captación Estándar (SUV_{máx.}) promedio del día presenta valores entre 0,9921 y menor a 1,0056, el 24 % entre 1,0056 y menor a 1,0192, el 6 % entre 1,0192 y menor a 1,0327, el 12 % entre 1,0327 y menor a 1,0463, 26 % entre 1,0463 y menor a 1,0598, el 4 % entre 1,0598 y menor a 1,0734 y por último el 2 % presenta valores del SUV_{máx.} entre 1,0734 y 1,0869.



*Intervalo abierto por la derecha

^ Promedio del día

Figura N° 5: Histograma de frecuencia del Valor de Captación Estándar (SUV_{máx.}) promedio del día.

Fuente: elaboración propia

El histograma de frecuencia del Valor de Captación Estándar (SUV_{máx.}) promedio del día presenta una asimetría positiva de 0,346 con mayores concentraciones de datos hacia la izquierda del histograma. La mayor frecuencia del SUV_{máx.} se encuentra en dos intervalos, alcanzando una frecuencia de 13 unidades de observación, el primero de ellos contiene valores de entre 0,9921 y menor a 1,0056 el otro intervalo con igual cantidad de observaciones contiene valores entre 1,0463 y menor a 1,0598. En el intervalo de valores del SUV_{máx.} más altos que va de 1,0734 hasta 1,0869 se contabilizó solo 1 unidad de observación. El intervalo de valores del SUV_{máx.} más bajos que va de 0,9921 hasta menos de 1,0056 se contabilizaron 13 unidades de observación.

Tabla N° 6: Medidas de tendencia central y dispersión de la temperatura ambiental.

Medidas de resumen	Temperatura ambiental (°C)*			
	Mañana	Mediodía	Tarde	Promedio del día
Media	18,71	18,59	18,95	18,75
DE**	1,116	0,941	0,906	0,892
Mediana	18,4	18,3	19	18,58
Rango	4	4	3	3,4
Máximo	21	21,2	21	21,07
Mínimo	17,7	17,88	18	18,03

*Temperatura en grados centígrados

**Desviación estándar

Fuente: elaboración propia

La media de la temperatura ambiental en el horario de la mañana es 18,71 °C, para el mediodía es 18,59 °C, para la tarde es 18,95 °C y para el promedio del día es 18,75 °C. La desviación estándar de la temperatura ambiental para la mañana es 1,116, para el mediodía es 0,941, para la tarde es 0,906 y para el promedio del día es 0,892. La mediana para la temperatura ambiental en la mañana es 18,4 °C, para el mediodía es 18,3 °C, para la tarde es 19 °C y para el promedio del día es 18,58 °C. Los grupos analizados presentan similar rango cuyo mayor valor pertenece a la medida de la mañana y mediodía. El valor máximo de la temperatura ambiental es igual en los tres horarios y el mínimo se presenta en la mañana con un valor de 17,7 °C.

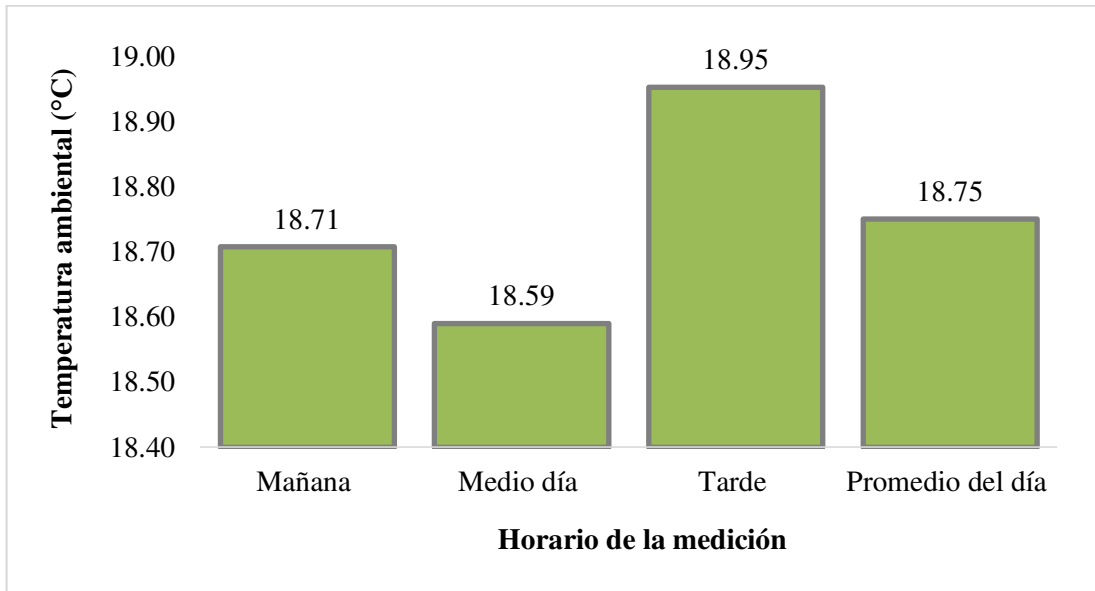


Figura N° 6: Gráfico de barras de la temperatura ambiental según el horario de medición.

Fuente: elaboración propia

El gráfico de barras indica que los promedios de la temperatura ambiental en los tres horarios de medición son muy similares entre sí y al promedio del día. El mayor valor se presenta en la medición de la tarde siendo 18,95 °C; el menor valor se presenta al medio día con 18,59 °C.

Tabla N° 7: Frecuencia de la temperatura ambiental promedio del día.

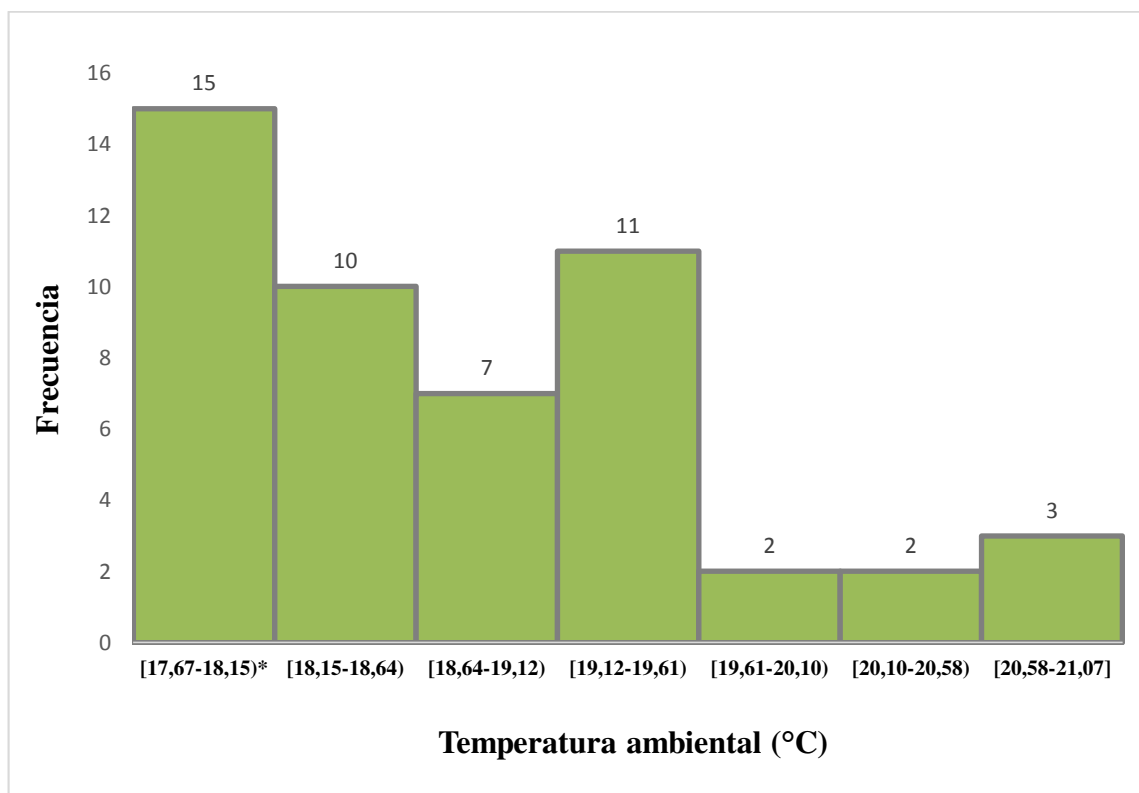
Temperatura ambiental	MC*	Frecuencia	(%)
[17,67-18,15) ^	17,91	15	30
[18,15-18,64)	18,395	10	20
[18,64-19,12)	18,881	7	14
[19,12-19,61)	19,367	11	22
[19,61-20,1)	19,852	2	4
[20,1-20,58)	20,34	2	4
[20,58-21,07]	20,82	3	6

*Marca de clase

^Intervalo abierto por la derecha

Fuente: elaboración propia

El 30 % de la temperatura ambiental promedio del día presenta valores entre 17,67 °C y menor a 18,15 °C, el 20 % entre 18,15 °C y menor a 18,64 °C, el 14 % entre 18,64 °C y menor a 19,12 °C, el 22 % entre 19,12 °C y menor a 19,61 °C, el 4 % entre 19,61 °C y menor a 20,1 °C, el 4% entre 20,1 °C y menor a 20,58 °C y por último el 6 % presenta valores de temperatura ambiental promedio del día entre 20,58 °C y 21,07 °C.



*Intervalo abierto por la derecha

Figura N° 7: Histograma de frecuencia de la temperatura ambiental promedio del día.

Fuente: elaboración propia

El histograma de frecuencia de la temperatura ambiental promedio del día presenta una fuerte asimetría positiva de 0,728 con mayor concentración de datos hacia la izquierda del histograma. La mayor frecuencia de la temperatura promedio del día se encuentra en el intervalo de 17,67 °C hasta 18,15 °C abierto por la derecha con un total de 15 unidades de observación. En el intervalo de valores más altos que va de 20,58 °C hasta 21,07 °C, se contabilizaron 3 unidades de observación. En el intervalo de valores más bajos que va de 17,67 °C hasta 18,15 °C, se contabilizaron 13 unidades de observación.

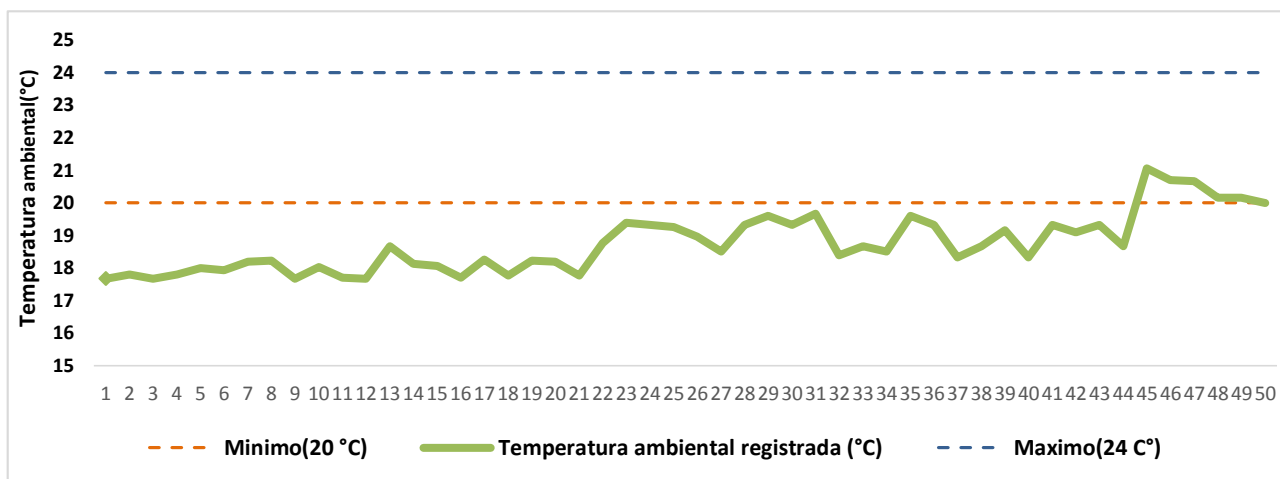


Figura N° 8: Gráfica de monitoreo de la temperatura ambiental promedio del día.

Fuente: elaboración propia

En la gráfica de monitoreo se observa que la temperatura ambiental promedio del día se encuentra, en el 90 % de las observaciones, fuera del rango establecido (máximo: 24 °C y mínimo 20 °C) por la literatura especializada.

Tabla N° 8: Medidas de tendencia central y dispersión de la temperatura del gantry.

Medidas de resumen	Temperatura del Gantry (°C)*			
	Mañana	Mediodía	Tarde	Promedio del día
Media	36	35,6	35,9	35,9
DE**	0,685	0,99	0,74	0,427
Mediana	36	36	36	36
Rango	3	3	3	2
Máximo	37	37	37	36,7
Mínimo	34	34	34	34,7

*temperatura en grados centígrados

**Desviación estándar

Fuente: elaboración propia

La media de la temperatura del gantry en el horario de la mañana es 36 °C, para el mediodía es 35,6 °C, para la tarde es 35,9 °C y para el promedio del día es 35,9 °C. La desviación estándar de la temperatura del gantry para la mañana es 0,685, para el mediodía es 0,99, para la tarde es 0,74 y para el promedio del día es 0,427. La mediana para la temperatura del gantry en los tres horarios y en el promedio del día es 36 °C. Los grupos analizados presentan igual rango en los tres horarios y en el promedio del día. El valor máximo de la temperatura del gantry es igual en los tres horarios y la temperatura mínima también es igual.

Tabla N° 9: Frecuencia de la temperatura del gantry promedio del día.

Temperatura del gantry	MC*	Frecuencia	(%)
[34,67-34,95) ^	34,810	1	2
[34,95-35,24)	35,095	1	2
[35,24-35,52)	35,381	8	16
[35,52-35,81)	35,667	13	26
[35,81-36,1)	35,952	16	32
[36,1-36,38)	36,24	8	16
[36,38-36,67]	36,52	3	6

*Marca de clase

^Intervalo abierto por la derecha

Fuente: elaboración propia

El 2 % de la temperatura del gantry promedio del día presenta valores entre 34,67 °C y menor a 34,95 °C, el 2 % entre 34,95 °C y menor a 35,24 °C, el 16 % entre 35,24 °C y menor a 35,52 °C , el 26 % entre 35,52 °C y menor a 35,81 °C, 32 % entre 35,81 °C y menor a 36,1 °C, el 16 % entre 36,1 °C y menor a 36,38 °C y por último el 6% presenta valores de temperatura del gantry promedio del día entre 36,38 °C y 36,67 °C.

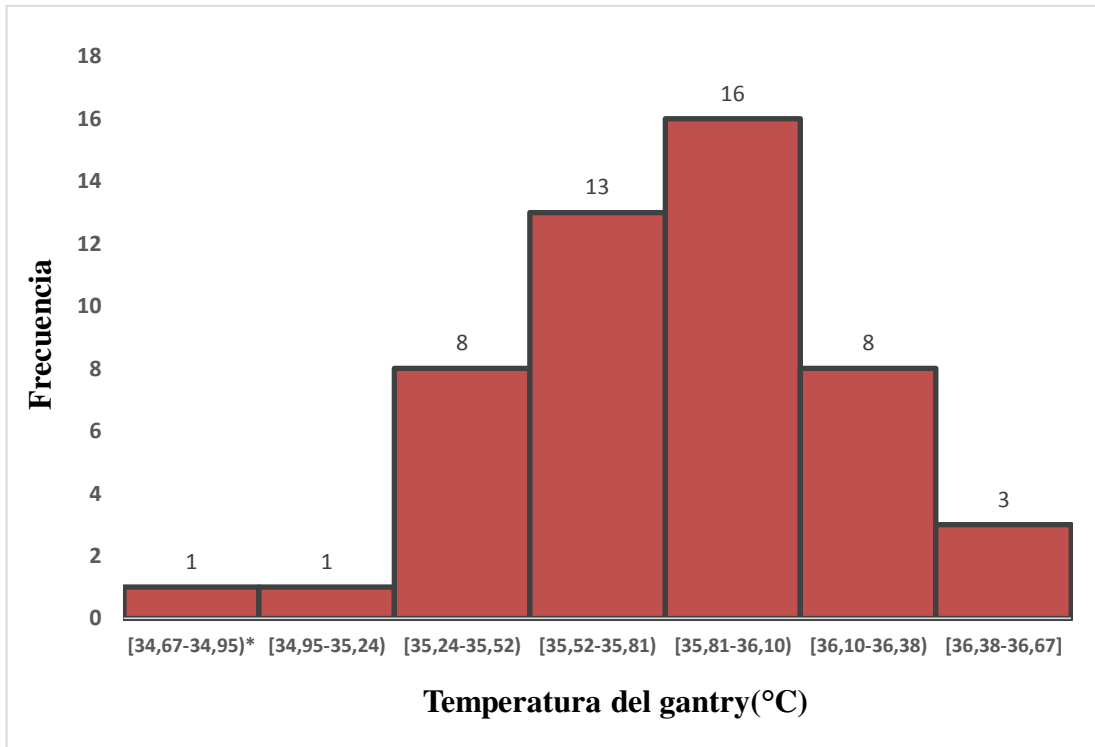


Figura N° 9: Histograma de frecuencia de la temperatura del gantry promedio del día.

Fuente: elaboración propia

El histograma de frecuencia de la temperatura gantry promedio del día presenta asimetría negativa de -0,261 con mayores concentraciones de datos hacia la derecha del histograma. La mayor frecuencia de la temperatura del gantry promedio del día se encuentra en el intervalo de 35,81 °C hasta 36,1 °C abierto por la derecha con un total de 16 unidades de observación. En el intervalo de valores más altos que va de 36,38 °C hasta 36,67 °C, se contabilizaron 3 unidades de observación. En el intervalo de valores más bajos que va de 34,67 °C hasta menos de 34,95 °C, se contabilizó 1 unidad de observación.

Tabla N° 10: Medidas de tendencia central y dispersión de la humedad relativa.

Medidas de resumen	Humedad relativa (%)			
	Mañana	Mediodía	Tarde	Promedio del día
Media	47,4	48,5	48,3	48,1
DE*	2,947	3,877	3,255	3,075
Mediana	49	50	49	48,8
Rango	13	13	13	12,7
Máximo	52	53	52	52
Mínimo	39	40	39	39,3

*Desviación estándar

Fuente: elaboración propia

La media de la humedad relativa en la mañana es 47,4%, para el mediodía es 48,5%, para la tarde es 48,3% y para el promedio del día es 48,1%. La desviación estándar de la humedad relativa para la mañana es 2,947, para el mediodía es 3,877, para la tarde es 3,255 y para el promedio del día es 3,075. La mediana para la humedad relativa en la mañana es 49%, para el mediodía es 50%, para la tarde 49% y para el promedio del día es 48,8%. Los grupos analizados presentan igual rango en los tres horarios y en el promedio del día es 12,7%. El valor máximo de la humedad relativa es 53% y se presentó al mediodía. La mínima humedad relativa se presentó en la mañana y en la tarde con un valor de 39%.

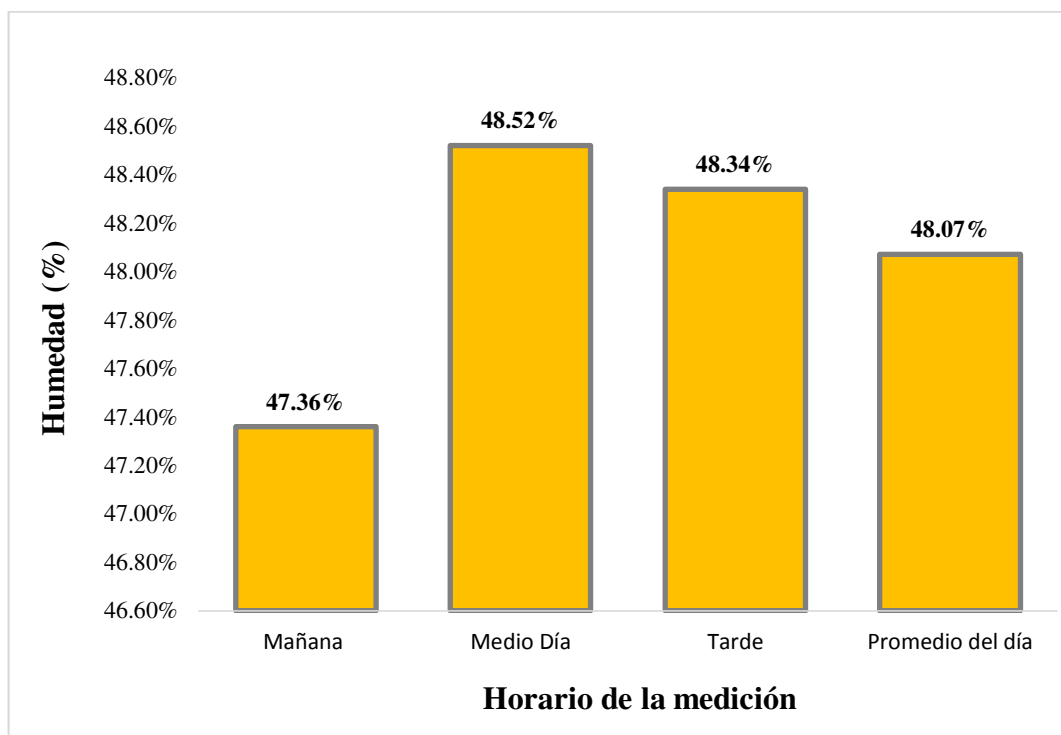


Figura N° 10: Gráfico de barras para la media del porcentaje de humedad relativa según el horario de medición.

Fuente: elaboración propia

El gráfico de barras indica que las medias de la humedad relativa en los tres horarios de medición son muy similares entre sí y al promedio del día de la humedad relativa. El mayor se presenta en el horario del mediodía con un valor de 48,52% mientras que el menor valor se presenta en la mañana y es 47,36%.

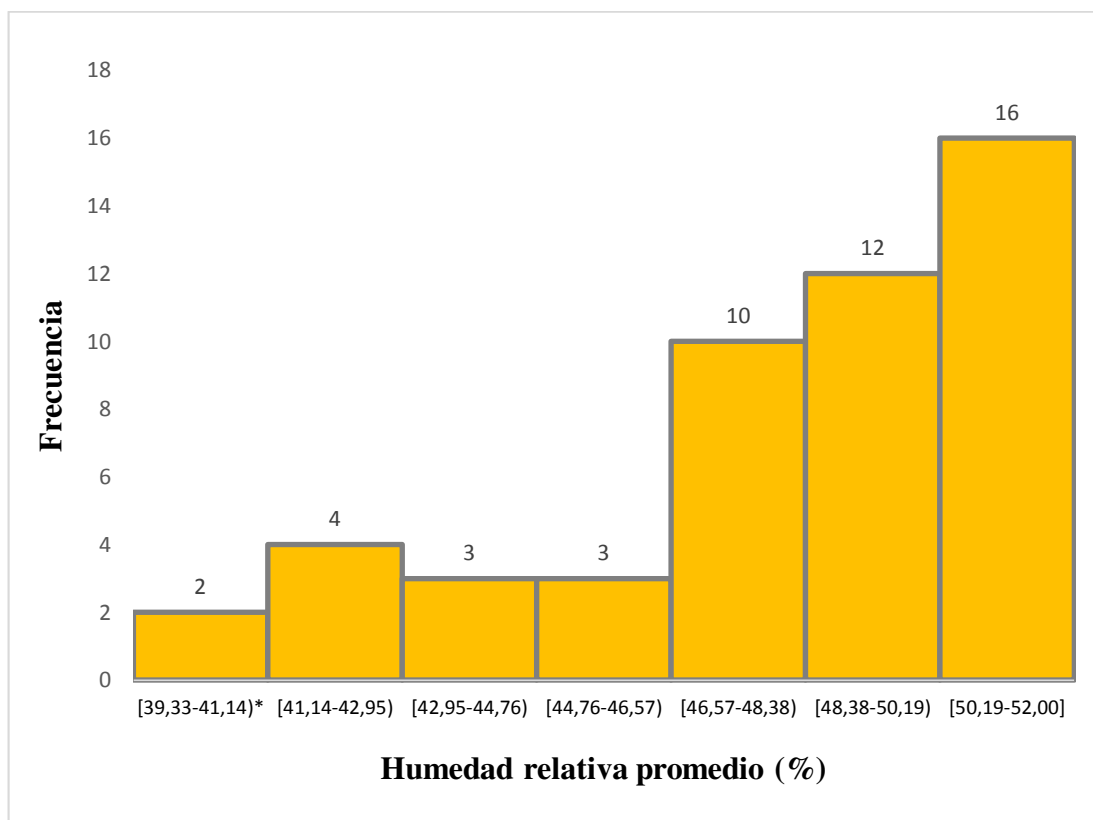
Tabla N° 11: Frecuencia de la humedad relativa promedio del día.

Humedad relativa (%)	MC*	Frecuencia	(%)
[39,33-41,14) *	40,238	2	4
[41,14-42,95)	42,048	4	8
[42,95-44,76)	43,857	3	6
[44,76-46,57)	45,667	3	6
[46,57-48,38)	47,476	10	20
[48,38-50,19)	49,29	12	24
[50,19-52,00]	51,1	16	32

*Intervalo abierto por la derecha

Fuente: elaboración propia

El 4 % de la humedad relativa promedio del día presenta valores entre 39,33% y menor a 41,14%, el 8 % entre 41,14% y menor a 42,95%, el 6 % entre 42,95% y menor a 44,76%, el 6 % entre 44,76% y menor a 46,57%, 20 % entre 46,57% y menor a 48,38%, el 24 % entre 48,38% y menor a 50,19% y por último el 32 % presenta valores de humedad relativa promedio del día entre 50,19% y 52%.



*Intervalo abierto por la derecha

Figura N° 11: Histograma de frecuencia de la humedad relativa promedio del día.

Fuente: elaboración propia

El histograma de frecuencia de la humedad relativa promedio del día presenta fuerte asimetría negativa de -1,096 con mayores concentraciones de datos hacia la derecha del histograma. La mayor frecuencia de la humedad relativa promedio del día se encuentra en el intervalo de 50,19% hasta 52%, con un total de 16 unidades de observación. Este último intervalo también presenta los mayores valores de la humedad relativa. En el intervalo de valores más bajos que va de 39,33% hasta menos de 41,14%, se contabilizaron 2 unidades de observación.

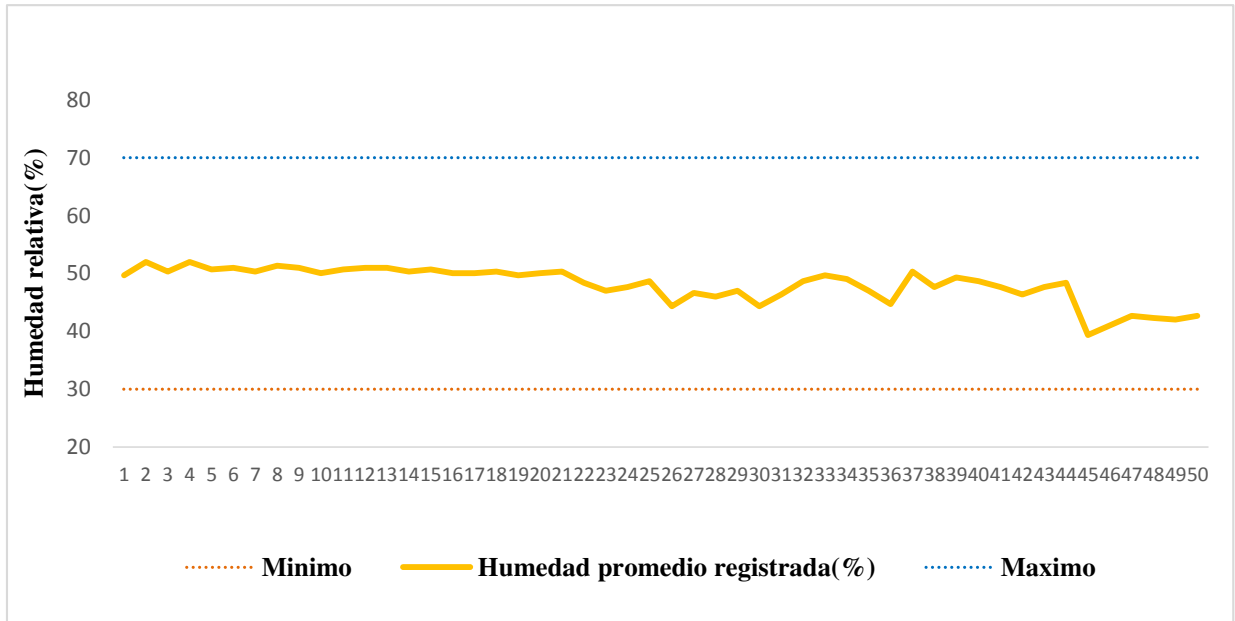


Figura N° 12: Grafica de monitoreo de la humedad relativa promedio del día.

Fuente: elaboración propia

En la gráfica de monitoreo se observa que la humedad relativa promedio del día se encuentra, en el 100 % de las observaciones, dentro del rango establecido (máximo: 70% y mínimo 30%) por la literatura especializada.

Tabla N° 12: Correlación entre el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) y el Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$) según el horario de medición y el promedio del día.

Horario de la medición	50 controles	p-valué*	Resultado	Prueba estadística	Fuerza de correlación
Mañana	ECF^	0,001	con correlación	Spearman	-0,438
Mediodía		0,001	con correlación	Spearman	-0,461
Tarde		0,00007	con correlación	Spearman	-0,532
Promedio del día		0,00003	con correlación	Spearman	-0,551

*significancia bilateral

^Factor de la Eficiencia de los Cristales

Fuente: elaboración propia

Se realizaron pruebas de correlación entre el Factor de la eficiencia de los Cristales (ECF) y el Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$) según el horario de medición y el promedio del día, existiendo correlación inversa con valor significativo en todos los casos. Se usó la prueba de correlación de Spearman para todos los casos por tratarse de variables sin distribución normal. El coeficiente Rho de Spearman para la correlación entre el $SUV_{m\acute{a}x.}$ de la mañana y el ECF fue de -0,438. El coeficiente Rho de Spearman para la correlación entre el $SUV_{m\acute{a}x.}$ del mediodía y el ECF fue de -0,461. El coeficiente Rho de Spearman para la correlación entre el $SUV_{m\acute{a}x.}$ de la tarde y el ECF fue el que tuvo mayor fuerza entre los tres horarios siendo -0,532. El coeficiente Rho de Spearman para la correlación entre el $SUV_{m\acute{a}x.}$ promedio del día y el ECF fue de -0,551. En todos los casos la fuerza de correlación fue moderada (valores entre 0,4 y 0,6).

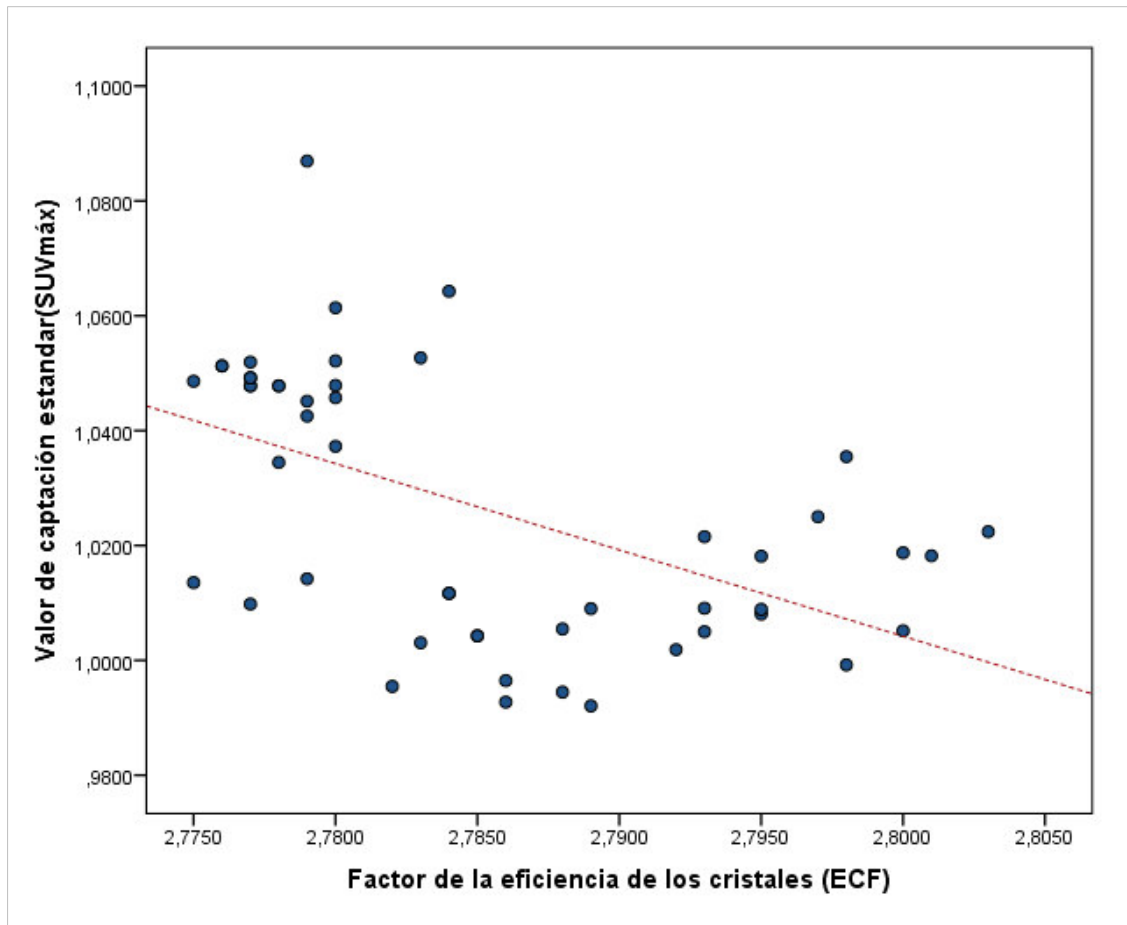


Figura N° 13: Diagrama de dispersión que muestra el comportamiento de los datos cuando se correlaciona el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) y el Valor de Captación Estándar (SUV_{máx.}) promedio del día.

Fuente: elaboración propia

Los puntos en el gráfico de dispersión nos muestran como al aumentar el valor del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) disminuyen los valores correspondientes del Valor de Captación Estándar (SUV_{máx.}). Se trata de una correlación inversa moderada donde el coeficiente Rho de Spearman es -0,551.

Tabla N° 13: Correlación entre los factores físicos ambientales y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).

Correlación		p-valué*	Resultado	Prueba estadística	Fuerza de correlación
Variable 1	Variable 2				
Temperatura**	Humedad	0,001	con correlación	Spearman	-0,87
Humedad	ECF^	0,001	con correlación	Spearman	-0,813
Temperatura		0,001	con correlación	Spearman	0,818

*Significancia bilateral

**Temperatura ambiental

^Factor de la Eficiencia de los Cristales

Fuente: elaboración propia

Se realizaron pruebas de correlación entre los factores físicos ambientales (la temperatura ambiental promedio del día y la humedad relativa promedio del día) y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF), también entre la temperatura ambiental y la humedad relativa. Los resultados confirman la existencia de una correlación en todos los casos con significancia bilateral (p 0,001). Para el caso de la temperatura ambiental y el ECF la correlación fue directa mientras que para los otros dos casos fue inversa. Se usó la prueba de correlación de Spearman para todos los casos por tratarse de variables sin distribución normal. El coeficiente Rho de Spearman para la correlación entre la temperatura ambiental y la humedad relativa fue de -0,87. El coeficiente Rho de Spearman para la correlación entre la humedad relativa y el ECF fue de -0,813. El coeficiente Rho de Spearman para la correlación entre la temperatura ambiental y el ECF fue de 0,818. En todos los casos la fuerza de correlación fue excelente (valores entre 0,8 y 1).

Tabla N° 14: Correlación entre la temperatura del gantry y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).

Correlación		p-valué*	Resultado	Prueba estadística
Variable 1	Variable 2			
Temperatura**	ECF^	0,672	sin correlación	Rho de Spearman

*Significancia bilateral

**Temperatura del Gantry

^Factor de la Eficiencia de los Cristales

Fuente: elaboración propia

Se realizaron pruebas de correlación entre la temperatura del gantry y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF). Los resultados no confirman la existencia de una correlación. Se usó la prueba de correlación de Spearman por tratarse de variables sin distribución normal. El p valué fue de 0,672.

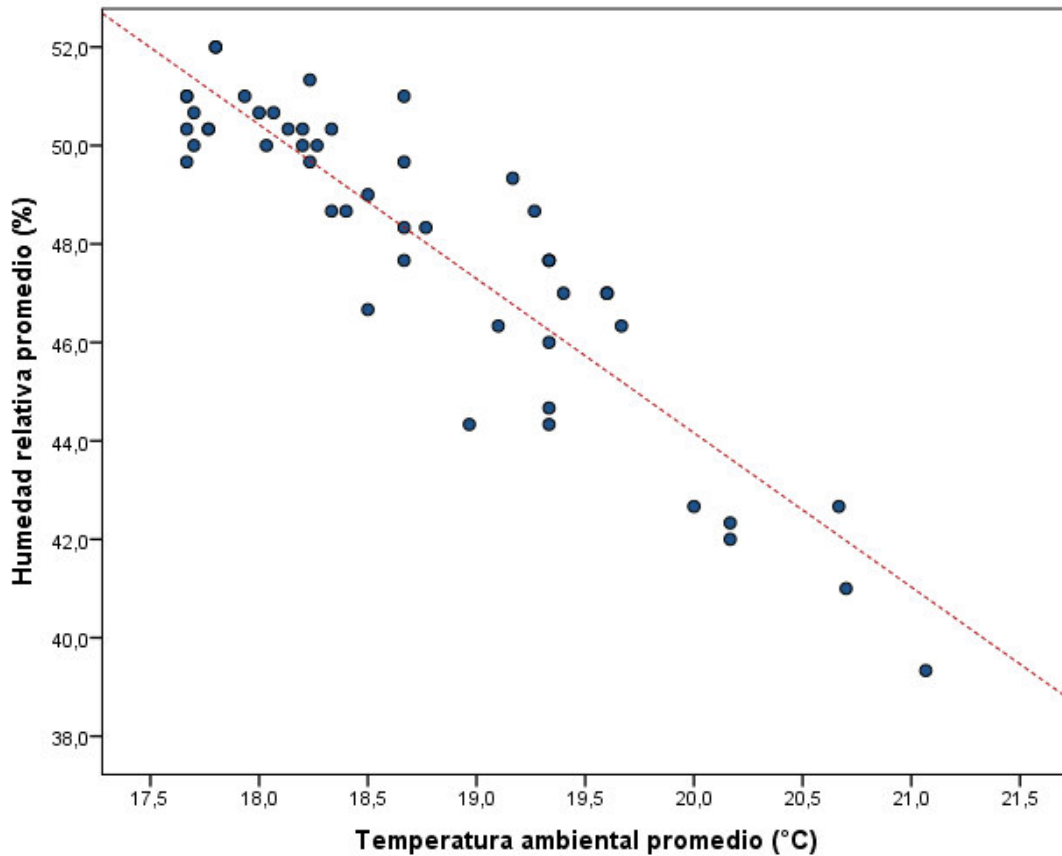


Figura N° 14: Diagrama de dispersión que muestra el comportamiento de los datos cuando se correlaciona la temperatura ambiental promedio del día y la humedad relativa promedio del día.

Fuente: elaboración propia

Los puntos en el gráfico de dispersión nos muestran como al aumentar el valor de la temperatura ambiental promedio del día disminuyen los valores correspondientes de la humedad relativa promedio del día. Se trata de una correlación inversa excelente donde el coeficiente Rho de Spearman es -0,870.

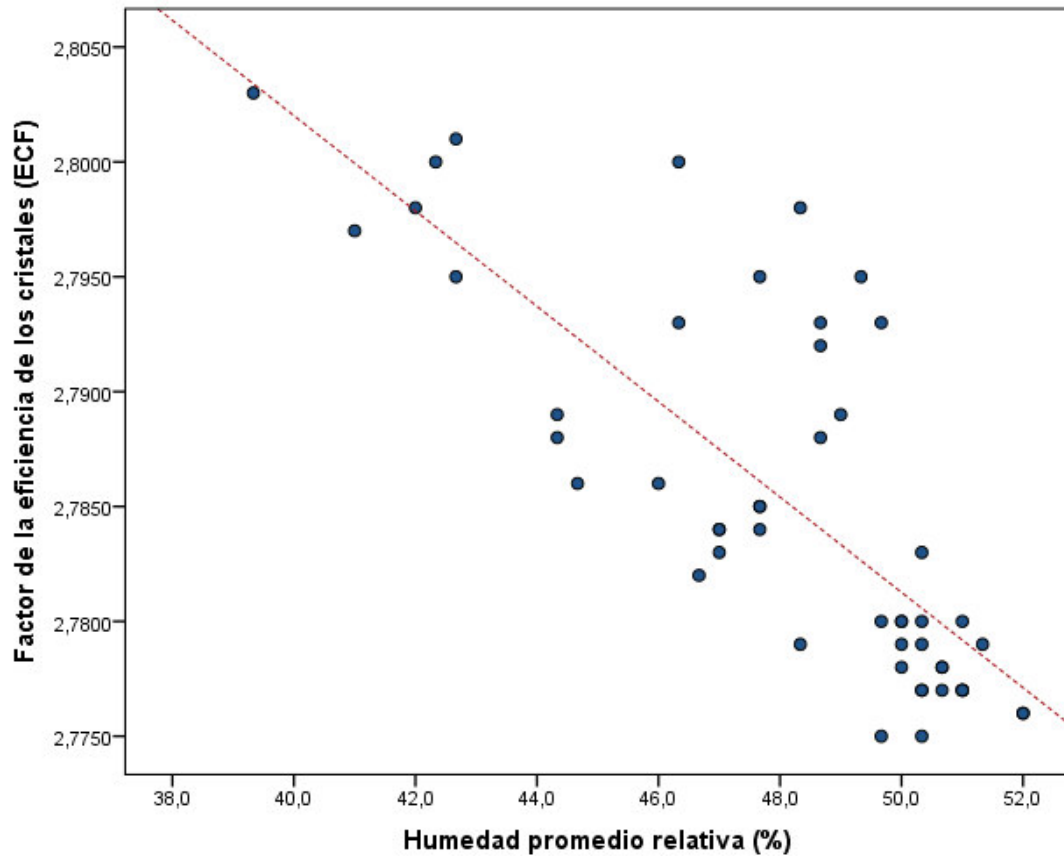


Figura N° 15: Diagrama de dispersión que muestra el comportamiento de los datos cuando se correlaciona la humedad relativa promedio del día y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).

Fuente: elaboración propia

Los puntos en el gráfico de dispersión nos muestran como al aumentar el valor de la humedad relativa promedio del día disminuyen los valores correspondientes del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF). Se trata de una correlación inversa excelente donde el coeficiente Rho de Spearman es -0,813.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

En el presente estudio los valores del Factor de Eficiencia de los Cristales (ECF) se encuentran entre 2,775 – 2,803. No concordando con los resultados según la investigación de **Caroline Descamps**⁵, donde los valores del Factor de Eficiencia de los Cristales (ECF) varían entre 2,92 y 2,97. Además, tampoco coincide para el estudio de **Nathalia Ivanovna Nuñez Pelaez**⁶, que indica que el factor de calibración del PET (ECF) es 3,099. Sin embargo, los resultados obtenidos están dentro de los valores ideales según la bibliografía de **Siemens**³⁹, cuyos valores están entre 2,65 – 3,65.

En el Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$) los valores varían entre 0,9921 y 1,0869. Resultados similares se encontraron según la bibliografía de **Mohsen Beheshti y cols**⁴³, que indica como valor ideal $1 \pm 0,1$.

Respecto a la temperatura ambiental obtuvimos valores entre 17,67 °C y 21,07 °C. Difiriendo con la bibliografía de **Siemens**³⁹, cuyos valores ideales están entre 20 °C y 24 °C.

En relación a la humedad relativa los valores se encontraron entre 39,33% y 52%. Resultados similares observamos en la bibliografía de **Siemens**³⁹, que indica el rango de 30% - 70%.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Existe correlación inversamente proporcional entre el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) y el Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$) ($p = 0,00003$ y $Rho = -0,551$) indicándonos de forma clara que una variable depende de la otra.

El valor del Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) está entre 2,775 y 2,803 donde hay una tendencia de acumular mayor cantidad de valores hacia los intervalos más bajos. El ECF está dentro del rango ideal.

El Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$) varía entre 0,9921 y 1,0869 teniendo una variación mínima entre estos valores y encontrándose dentro del valor ideal.

La temperatura ambiental se encuentra entre 17,67 °C y 21,07 °C, el 90 % de los valores se ubican fuera del rango ideal. Además, estos valores se acumulan hacia temperaturas más bajas.

Los valores de la temperatura del gantry están entre 34°C y 37°C y tienen una desviación estándar mínima distribuyéndose homogéneamente (-0,261).

Los valores de la humedad relativa se encuentran entre 39,33% y 52% y dentro del rango ideal con una distribución que tiende a acumularse hacia valores más altos.

No hay correlación entre la temperatura del gantry y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).

Existe una correlación inversa entre la humedad relativa y la temperatura ambiental ($Rho = -0,870$), evidenciando que la temperatura ambiental influye de manera contundente sobre la humedad.

Existe una correlación inversa entre la humedad relativa y el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF) ($Rho = -0,813$), es decir, hay una fuerte influencia de la humedad relativa sobre el Factor de la Eficiencia de los Cristales (ECF).

Se concluye que la temperatura ambiental influye indirectamente al Valor de Captación Estándar ($SUV_{m\acute{a}x.}$).

5.2. RECOMENDACIONES

Se sugiere aumentar la muestra utilizando un fantoma durante todo el estudio.

Establecer una investigación del fantoma de germanio, verificando la correcta homogenización de la actividad en todo el fantoma.

Se recomienda ajustar la temperatura ambiental y humedad relativa diariamente en la sala de escaneo del PET-CT.

Realizar estudios donde la muestra se obtenga durante un año, haciendo diferencias en cada estación climática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adlin López Díaz. PET/CT: una apuesta por una tecnología joven, revolucionaria y dinámica. *Rev Acta Médica* 2014; 15 (1).
2. Plaxton N, Moncayo V, Barron B, Halkar R. Factors that influence standard uptake values in FDG PET-CT. *Jnm.snmjournals.org*. 2017 [cited 17 August 2017]. Available from: http://jnm.snmjournals.org/content/55/supplement_1/1356.short.
3. Gopal B. Saha. *Physics and Radiobiology of Nuclear Medicine*. 3. ed. New York (USA): Springer Science+Business Media, Inc.; 2006.
4. Anatoliy Granov, Leonid Tiutin, Thomas Schwarz. *Positron Emission Tomography*. New York (USA): Springer Science+Business Media, Inc.; 2013.
5. Caroline Descamps. Implementación de un sistema de calidad en Medicina Nuclear para PET-CT [Trabajo de Grado]. Universidad Nacional de Córdoba. 2018.
6. Nuñez Pelaez Nathalia. Programa estándar de control de calidad para un sistema híbrido de Tomografía por Emisión de Positrones-Tomografía Computarizada (PET-CT) utilizado en la Fundación Valle del Lili [Trabajo de Grado para optar el título de Física]. Universidad del Valle Facultad de Ciencias Naturales y Exactas; 2012.
7. Vaquero J, Kinahan P. Positron Emission Tomography: Current Challenges and Opportunities for Technological Advances in Clinical and Preclinical Imaging Systems. *Annual Review of Biomedical Engineering*. 2015; 17(1):385-414.
8. Marcelo DC, Martin L. *Cardiac PET and PET/CT Imaging*. New York (USA): Springer Science+Business Media, Inc.; 2007.
9. Sarasola Martín Icíar. Detectores monolíticos y sensores compatibles con altos campos magnéticos para tomografía por emisión de positrones [Tesis doctoral]. Universidad Politécnica de Madrid; 2015.

10. R. Sopena, C. Martínez. Manual PET – TAC para Residentes. Madrid España: Simed Software; 2008.
11. Luis I, Amalia P. Tomografía por emisión de positrones: fundamentos y aplicación clínica. 1th. ed. Universidad Nacional de La Plata (Buenos Aires): La Plata; 2013.
12. Cherry SR, Shao Y, Tornai M, Siegel S, Ricci AR, Phelps ME. Collection of scintillation light from small BGO crystals. *IEEE Trans Nucl Sci.* 1995; 42(4):1058-1063.
13. Luis I, Amalia P. Tomografía por emisión de positrones: fundamentos y aplicación clínica. 1th. ed. Universidad Nacional de La Plata (Buenos Aires): La Plata; 2013.
14. Melcher CL. Scintillation crystals for PET. *J Nucl Med.* 2000; 41(6):1051–1055.
15. Kapusta M, Moszynski M, Balcerzyk M, Braziewicz J, Wolski D, Pawelke J, Klamra W. Comparison of the scintillation properties of LSO:Ce manufactured by different laboratories and of LGSO:Ce. *IEEE Trans Nucl Sci* 2000; 47:1341–1345.
16. Casey ME, Erikson L, Schmand M, Andreaco MS, Paulus M, Dahlbom M, Nutt R. Investigation of LSO crystal for high spatial resolution positron emission tomography. *IEEE Trans Nucl Sci.* 1997; 44:1109–1113.
17. Melcher CL, Schweitzer JS. Cerium-doped lutetium oxyorthosilicate: a fast and efficient new scintillator. *IEEE Trans Nucl Sci.* 1992; 39:502–505.
18. Gopal B. Saha. Basics of PET Imaging Physics, Chemistry, and Regulations. 2. ed. New York (USA): Springer Science+Business Media, Inc.; 2010.
19. Martí-Climent JM, García Velloso MJ, Serra P, et al. Tomografía por emisión de positrones con un equipo PET/TC. *Rev Esp Med Nucl.* 2005; 24: 60-79.

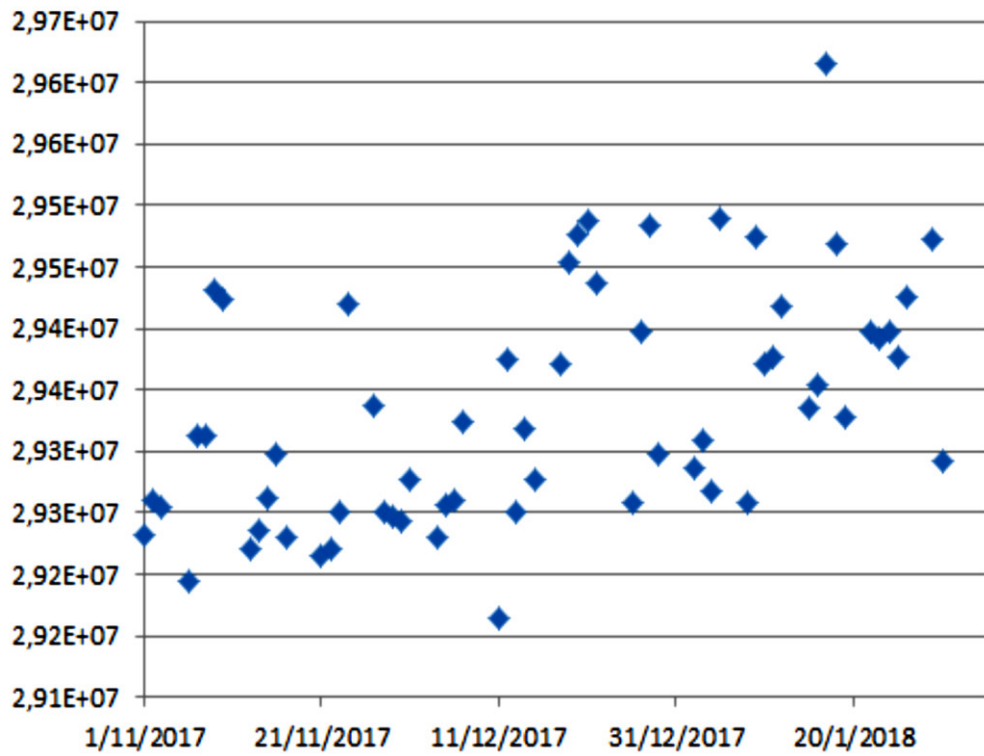
20. Vlayen Joan, Stuutur Sabine, Van den Bruel Annick, Mambourg Françoise, Eyssen Marijke. Positron Emissie Tomografie: een update. Health Technology Assessment (HTA). Brussel Holanda: Federaal Kenniscentrum voor de Gezondheidszorg (KCE); 2009.
21. Paul E. Christian, Kristen M. Waterstram-Rich. Nuclear Medicine and PET/CT Technology and Techniques. 7. ed. United States: ELSEVIER; 2012.
22. Medical Services Advisory Committee. Positron emission tomography for recurrent colorectal cancer. Canberra: MSAC; 2008.
23. Michael E. Phelps. PET Physics, Instrumentation, and Scanners. New York (USA): Springer Science+Business Media, Inc.; 2006
24. Luis Illanes, Amalia Perez. Tomografía por emisión de positrones. Fundamentos y aplicaciones clínicas. La Plata: Universidad de la Plata, 4(1), 76-81; 2013
25. Baizán, A. N., Puig, D. R., & Segura, J. P. Evolución de los métodos de cuantificación de estudios PET con 18 F-FDG en oncología. Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular, 37(4), 203–204; 2018. doi:10.1016/j.remnm.2018.06.001
26. Gopal B. Saha. Basics of PET Imaging. New York (USA): Springer Science+Business Media, Inc.; 2005.
27. John K. SUV: Standard Uptake or Silly Useless Value? J Nucl Med. 1995; 36(10):1836-1839.
28. Lindholm P, Minn H, Leskinen-Kallio S, Bergman J, Ruotsalainen U, Joensuu H. Influence of the Blood Glucose Concentration on FDG Uptake in Cancer A PET Study. J Nucl Med. 1993; 34(1):1-6
29. Lowe VJ, DeLong DM, Hoffman JM, Coleman RE. Optimum scanning protocol for FDG-PET evaluation of pulmonary malignancy. J Nucl Med. 1995; 36(5):883–887.

30. Erdi YE, Nehmeh SA, Pan T. The CT motion quantitation of lung lesions and its impact on PET-measured SUVs. *J Nucl Med.* 2004; 45(8):1287 –1292.
31. Shankar LK, Hoffman JM, Bacharach S. Consensus recommendations for the use of 18F-FDG PET as an indicator of therapeutic response in patients in National Cancer Institute Trials. *J Nucl Med.* 2006; 47(6):1059 –1066.
32. Adams MC, Turkington TG, Wilson JM, Wong TZ. A Systematic Review of the Factors Affecting Accuracy of SUV Measurements. *AJR Am J Roentgenol.* 2010; 195(2):310-20.
33. Jaskowiak CJ, Bianco JA, Perlman SB, Fine JP. Influence of reconstruction iterations on F-18-FDG PET/CT standardized uptake values. *J Nucl Med.* 2005; 46(3):424–8.
34. Geworski L, Knoop BO, Wit M, Ivancevic V, Bares R, Munz DL. Multicenter comparison of calibration and cross calibration of PET scanners. *J Nucl Med.* 2002; 43(5):635–639.
35. Bunyaviroch T, Turkington T, Wong T, Wilson J, Colsher J, Coleman R. Quantitative effects of contrast enhanced CT attenuation correction on PET SUV measurements. *Mol Imaging Biol.* 2008; 10(2):107–113.
36. Jacene HA, Lebolleux S, Baba S. Assessment of interobserver reproducibility in quantitative 18F-FDG PET and CT measurements of tumor response to therapy. *J Nucl Med.* 2009; 50(11):1760 –1769.
37. International Atomic Energy Agency. Quality assurance for PET and PET/CT systems [Internet]. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2009 [cited 10 September 2017]. Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1393_web.pdf.
38. Siemens. Maintenance Protocol System Biograph TruePoint PET·TC. USA: Siemens Medical Solutions USA, Inc.; 2007

39. Molecular Imaging - Siemens Healthineers Global [Internet]. Siemens.com. 2017 [cited 18 September 2017]. Available from: <http://www.siemens.com/mi>
40. International Electrotechnical Commission. Radionuclide imaging devices characteristics and test conditions part 1: Positron emission Tomographs. 1 ed. Varembe Ginebra, Suiza: International Electrotechnical Commission; 1998.
41. SEFM, SEMNIM, SEPR. Control de Calidad de la Instrumentación de Medicina Nuclear. 2015.
42. Richard MC. ACR Accreditation of Nuclear Medicine and PET Imaging Departments. J Nucl Med Technol. 2003; 34(1):18-24.
43. David Martínez Villaseñor, Raquel Gerson-Cwilich. La tomografía por emisión de positrones (PET/CT). Utilidad en oncología. Cir Ciruj 2006;74:295-304.
44. Glenn F. Knoll. Radiation detection and measurements. 2ed. John Wiley & Sons Inc., New York, 1989.
45. International Standard: Radionuclide imaging devices - Characteristics and test conditions – Part 1: Positron emission tomographs, International Electrotechnical Commission (IEC), 61675-1, Geneva, Switzerland, 1998.
46. William R. Leo. Techniques for nuclear and particle physics experiments. 2ed. Springer-Verlag, Berlin, 1994.
47. Mohsen Beheshti, Cristina Gámez Cenzano, Francisco Pino Sorroche. FDG PET/CT Imaging: Normal Variations and Benign Findings. 1ed. USA: Elsevier; 2014.

ANEXOS

ANEXO 1



Caroline Descamps: “Implementación de un sistema de calidad en Medicina Nuclear para PET-CT”. Seguimiento de tres meses del factor de calibración o factor de la eficiencia de los cristales (ECF).⁵

ANEXO 2

Informe de calidad del sistema

Fecha de exploración: Jueves, 08 de Marzo de 2012, 10:12:09 a.m.

Parámetros del maniquí	
Isótopo	Ge-68
Actividad de ensayo	2.350000 [mCi]
Fecha y hora del ensayo	Martes, 10 de Enero de 2012; 06:30:30 a.m.
Volumen	8407 [cc]
Factor de calibración	1.000000

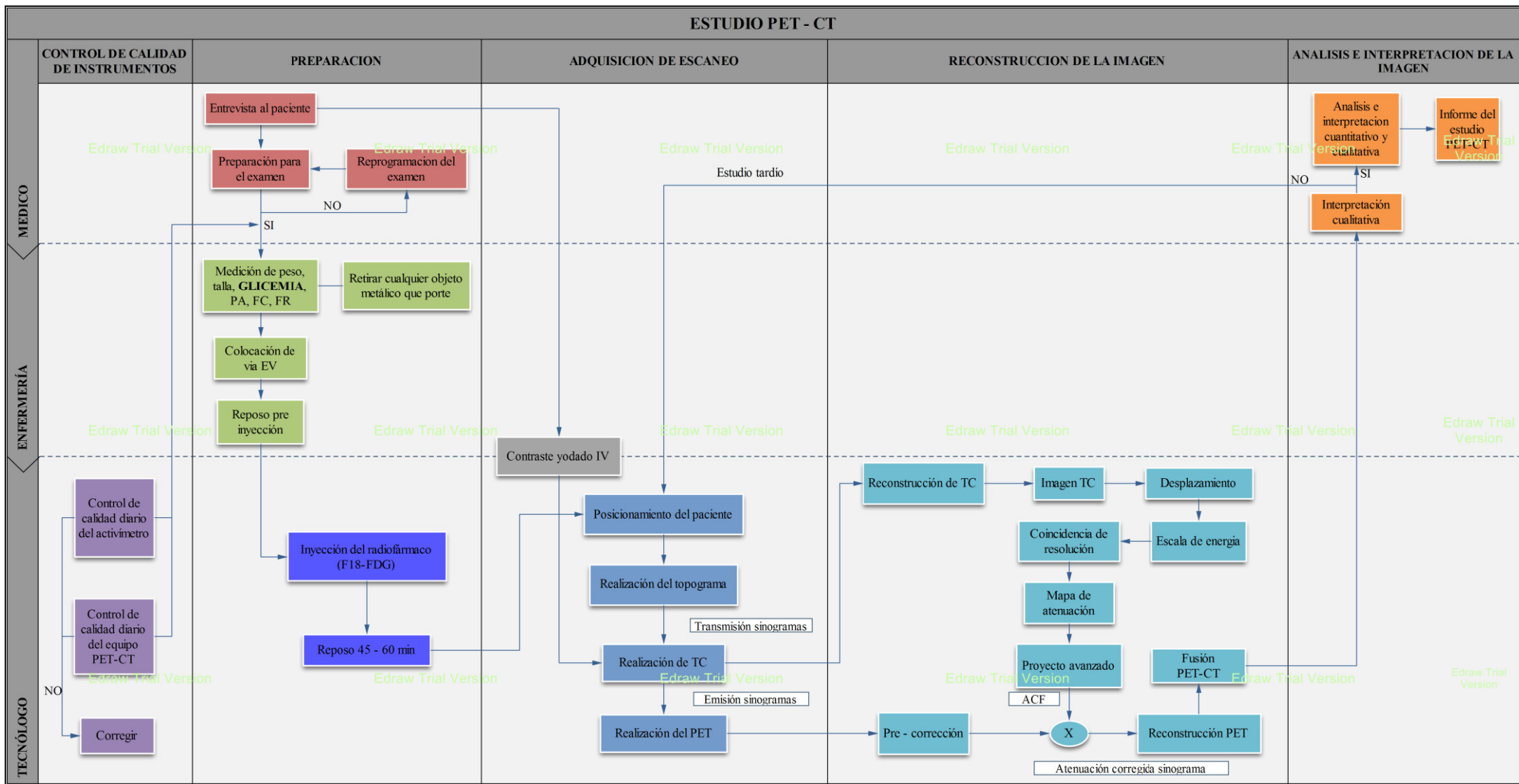
Entrada para cálculo	
Ubicación del sinograma diario	CTAWP71177 PETQC\DATA\PETQCSinogram_08032012_101209.s
Valor ECF propuesto	3.099e-007 [Bq*s ECAT counts]
Última configuración parcial	
Estado de finalización de la última configuración parcial	nunca se ejecutó la configuración
Última configuración completa	Miércoles, 07 de Marzo de 2012; 07:39:31 p.m.
Estado de finalización de la última configuración completa	configuración correcta
Configuración parcial activada	false
Nombre de ICS	CTAWP71177
Versión de software	PETsyngo_VG30A 0386.02
Tipo de gantry	1103

Resultados	
Resultados de calidad del sistema	Aprobado
CC finalizado correctamente. Todos los valores se encuentran dentro de los intervalos válidos.	

Informe detallado de calidad del sistema				
Elemento	Límite superior	Límite inferior	Valor	Decisión
Reducción de ruido	3 [crystal]	0 [crystal]	0 Bloques fuera del intervalo	Aprobado
Eficacia de la reducción	120 [%]	80 [%]	0 Bloques fuera del intervalo	Aprobado
Datos aleatorios medidos	115 [%]	85 [%]	102.2 [%]	Aprobado
Eficacia del escáner	27.04 [cps/Bq/cc]	14.56 [cps/Bq/cc]	21.6 [cps/Bq/cc]	Aprobado
Índice de dispersión	35.2 [%]	28.8 [%]	31.1 [%]	Aprobado
Factor de corrección de eficacia del escáner (ECF)	4.31e-007 [Bq*s ECAT counts]	2.21e-007 [Bq*s ECAT counts]	3.099e-007 [Bq*s ECAT counts]	Aprobado
Eficacia de plano de imagen	5 [%]	-5 [%]	0 Planos fuera del intervalo	Aprobado
Desplazamiento de sincronización de bloques	0.5 [bin]	0 [bin]	0 Bloques fuera del intervalo	Aprobado
Espesor de sincronización de bloques	5 [bin]	0 [bin]	0 Bloques fuera del intervalo	Aprobado
Residual de alineación de tiempo	2 [ms]	0 [ms]	1.5 [ms]	Aprobado
Ajuste de alineación de tiempo (x / y)	2 [ms]	0 [ms]	0.0 [ms] / 0.5 [ms]	Aprobado

Nathalia Nuñez Pelaez, “Programa estándar de control de calidad para un sistema híbrido de Tomografía por Emisión de Positrones-Tomografía Computarizada (PET-CT) utilizado en la Fundación Valle del Lili”. Verificación del factor de calibración del PET.⁶

ANEXO 3



ANEXO 4

Figura 1: Detector del tomógrafo por emisión de positrones.

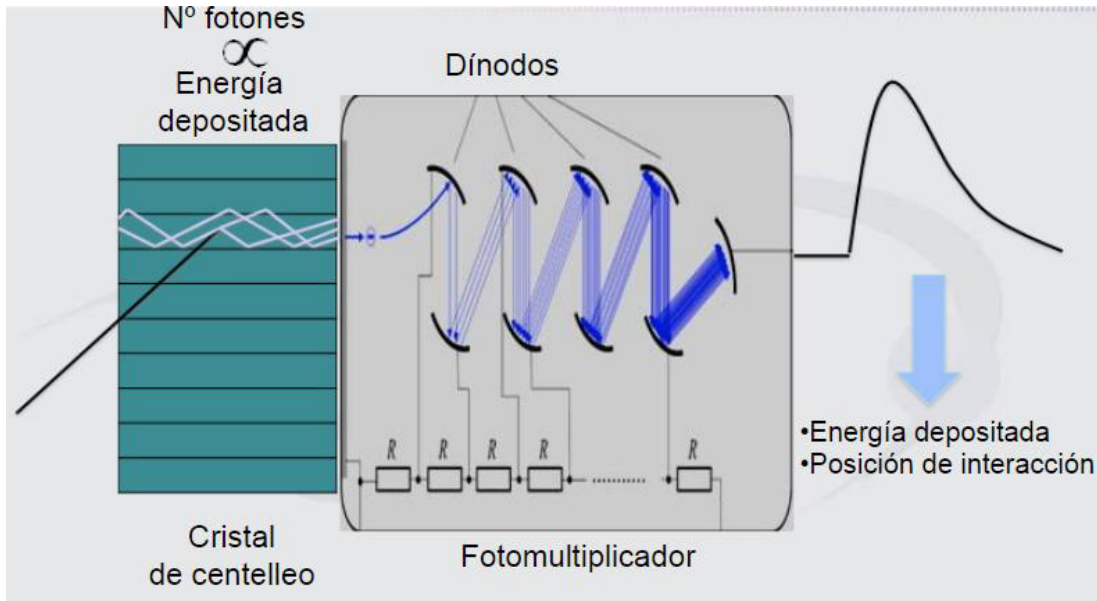


Tabla 1: Propiedades físicas de los cristales de centelleo.

Material	ρ (g/cm ³)	Z_{eff}	μ	P (%)	T (ns)	N (foton/MeV)	FWHM (%)	H
BGO	7,1	75	0,95	40	300	9000	12	No
NaI(Tl)	3,7	51	0,34	17	230	41000	8	Si
LSO	7,4	66	0,88	32	40	30000	10	No
GSO	6,7	59	0,70	25	60	8000	9	No

ρ : Densidad; Z_{eff} : Número atómico efectivo; μ : Coeficiente de atenuación lineal; P: Probabilidad relativa de efecto fotoeléctrico; T: Tiempo de desvanecimiento del centelleo; N: Número de fotones producidos; FWHM: Resolución de energía; H: higroscópico.¹⁰

ANEXO 5

Control de calidad semestral Siemens Biograph

SIEMENS

Biograph

MI	
Maintenance Protocol	
System	
Preventive Maintenance Protocol	
Customer:	PET SCAN PERU
Address:	MIRAFLORES
Fax / E-Mail:	
Fax / E-Mail:	
Department:	Room:
Material-No.:	Serial-No.: 45579
Contract-No.:	Expire date:
Order-No.:	System - ID:
The instructions MI13-001.831.01.07.02 are required for this protocol	
<small>© Siemens, 2007 All documents may only be used for rendering services on Siemens Healthcare Products. Any document in electronic form may be printed once. Copy and distribution of electronic documents and hardcopies is prohibited. Offenders will be liable for damages. All other rights are reserved.</small>	

Print No.: MI13-001.832.01.07.02
 Replaces: MI13-001.832.01.06.02
 Part No.: 10234913-VFT-014-07

English
 Doc. Gen. Date: 03.11

Protocol **Date:** 13.06.17 **Serial-No.:** 45579

Evaluating the Condition of the System

The system has no deficiencies. *	<input checked="" type="checkbox"/>
The system has slight deficiencies that have no effect on continued operation of the system. The deficiencies should be corrected preventively. *	<input type="checkbox"/>
The system has serious deficiencies. For safety reasons, continued operation of the system is permitted only after successfully correcting the deficiencies.	<input type="checkbox"/>

*) For imaging systems: The result of the image quality check shows no deviation from the reference values.

The evaluation was performed after completing all work steps.	
Signature:	SIEMENS HEALTHCARE S.A.C. <i>Raúl Gonzales Rebatia</i>
Date: 13.06.17	Name: Raúl Gonzales Rebatia Servicio Técnico

If required by country-specific regulations: The customer or a representative has taken note of the result of the evaluation of the system condition.	
Signature:	_____
Date:	Name:

Remarks:

Remarks Regarding the Protocol

The chapter numbers refer to the chapters in the instruction, which is referenced on the cover page.

All pages have to have the serial number of the system and the date of maintenance in the page header.

The assignment n.a. (not applicable) indicates that the checkpoint or measured value is not used for this system.

On page 2 the completeness and the results of the maintenance work is confirmed.

Explanation of Abbreviations in the Protocol

Abbrev.	Explanation	Abbrev.	Explanation
SI	Safety Inspection	PMF	Preventive Maintenance, Operating Value Check, Function Check
SIE	Electrical Safety Inspection	Q	System Quality, Image Quality
SIM	Mechanical Safety Inspection	QIQ	Image Quality
PM	Preventive Maintenance	QSQ	System Quality Check
PMP	Periodic Preventive Maintenance	SW	Software Maintenance
PMA	Preventive Maintenance Adjustments	CSE	Customer Service Engineer

Measuring Equipment and Measuring Instruments Used

Measuring instruments and measuring devices (phantoms, MR coils, etc.) may not be entered in the table if they have already been entered in the mobile device.

Measuring equipment / -instruments	Serial No.	Date used

Protocol Date: 13.06.17 Serial-No.: 45579

OK not n.a.
OK

- 1 **Revision History**
- 2 **General**
- 3 **Prerequisites**
- 4 **Safety Inspections**
 - 4.1 **General**
 - 4.2 **Function tests**
 - 4.2.1 **Checking the emergency STOP circuit of the system**
 - SI Emergency STOP circuit checked
 - 4.2.2 **System: Checking the emergency STOP circuit**
 - SI Emergency STOP circuit checked
 - 4.2.3 **Checking the PHS E Stop Switches**
 - SI Emergency STOP circuit checked
 - 4.2.4 **Checking the PHS Vertical Limit Switches**
 - SI PHS Vertical Limit Switches checked
 - SI Upper and Lower Vertical Limit Kill Switches Checked
 - 4.2.5 **Checking radiation shutdown**
 - SI Radiation cut-off checked
 - 4.2.6 **Checking the radiation indicator**
 - SI Radiation indicator checked
 - 4.2.7 **Checking the function of the door contact switch**
 - SI Door contact switch checked
 - 4.2.8 **Checking the patient positioning aids**
 - SI Patient positioning aids checked
 - 4.2.9 **Checking the function of the Line Connection Box**
 - SI Function of the Line Connection Box checked

Maintenance of this section was performed by:
Signature: _____
Date: Name:

Protocol Date: 13.06.17 Serial-No.: 45579

OK not n.a.
OK

- 4.3 **Additional Inspections for Mobile Systems**
 - SI Mobile Biograph requires additional maintenance due to extreme conditions.

Maintenance of this section was performed by:
Signature: _____
Date: Name:

- 4.4 **Next Steps**
 - 4.4.1 **Concluding test**
 - Q Condition of the Biograph system checked

Maintenance of this section was performed by:
Signature: _____
Date: Name:

- 5 **Preventive Maintenance (part 1)**
 - 5.1 **General**
 - 5.1.1 **Required tools and auxillary materials**
 - 5.2 **PHS Roll Cover - Preparation and Maintenance**
 - 5.2.1 **PHS Inspection and Power Off**
 - SI Power Down the system before continuing.
 - 5.2.2 **Detach and Retract Roll Covers from the PHS Pedestal**
 - 5.2.3 **Cleaning and Lubricating Roll Covers**
 - PM Clean and Lubricate the PHS Roll Cover
 - 5.2.4 **Check/Replace the Roll Cover Wear Pads**
 - PM Check or Replace the Roll Cover Wear Pads
 - 5.2.5 **Roll Cover Tracking Alignment**
 - PM Check/Adjust Roll Cover Tracking Alignment
 - 5.2.6 **PHS Base - Clean, Vacuum**
 - PM PHS Base Assembly Cleaned
 - 5.3 **PHS Base Assembly - Lubrication and Maintenance**
 - PM PHS Base Assembly Lubricated

Protocol Date: 13.06.17 Serial-No.: 45579

		OK	not OK	n.a.
5.4	PHS Pedestal - Preparation			
5.5	Grease the right and left side carriage bearings			
PM	PHS Vertical Carriage Bearings Lubricated	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.6	Next steps			
5.6.1	Concluding test			
Q	Condition of the PET/CT system checked	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Maintenance of this section was performed by:			
	Signature: _____			
	Date: _____ Name: _____			
6	Preventive maintenance (part 1)			
6.1	General			
6.1.2	Required tools and auxiliary materials			
6.2	PHS Preventive Maintenance			
6.2.1	Preliminary Cleaning and Lubrication Tasks			
PM	PHS Roll Cover Cleaned	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PM	PHS Roll Cover Spindles Lubricated	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PM	PHS Base Assembly Cleaned	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PM	PHS Horizontal Encoder Track Cleaned	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2.2	PHS Lubrication Points			
PM	PHS Horizontal Carriage Bearing has been lubricated	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PM	Vertical Drive Chain has been cleaned and lubricated	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PM	PHS ACME Screw has been lubricated.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PM	PHS Vertical Carriage Bearing has been lubricated.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6.2.3	PHS Condition Tests/Measurements			
PMA	PHS Encoder Gap is within Tolerance	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PMA	PHS Vertical Drive Chain tension is set	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SI	PHS Pallet Mounting Bolts are secure	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.3	Phantoms			
6.3.1	Visual inspection of the phantoms			
PM	Phantoms checked	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Protocol Date: 13.06.17 Serial-No.: 45579

		OK	not OK	n.a.
6.4	Next steps			
7	Preventive Maintenance (Part 2)			
7.1	General			
7.1.1	Safety			
7.1.2	Tools and auxiliary materials			
7.1.3	Preparations			
7.1.4	Power Off the System			
7.1.5	Splitting the PET and CT Gantry's			
7.2	CT Gantry			
7.2.1	Cleaning the slip rings			
PM	Slip ring assembly cleaned	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.2	Cleaning the power brush assembly			
PM	Power brush assembly cleaned	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.3	Checking/replacing the power carbon brushes			
PM	Power carbon brushes checked	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Measured value:			
PM	Power carbon brushes replaced	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Measured value:			
7.2.4	Cleaning the signal data brush assembly			
PM	Signal data brush assembly cleaned	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.5	Checking/replacing the signal data brushes			
PM	Signal data brushes checked	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Measured value:			
PM	Signal data brushes replaced	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Measured value:			
7.2.6	Checking/replacing the air filters for the gantry			
PM	Air filter replaced	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Startup Date: <input type="checkbox"/>			
	Date of Last Replacement: <input type="checkbox"/> DD <input type="checkbox"/> MMM <input type="checkbox"/> YYYY			

Protocol **Date:** 13.06.17 **Serial-No.:** 45579

		OK	not OK	n.a.
7.2.7	Lubricating the main bearing			
PM	Main bearing lubricated	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.8	Lubricating the collimator spindle			
PM	Collimator spindle lubricated	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.9	Checking/replacing the air filter in the left gantry stand			
PM	Air filter checked	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PM	Air filter replaced	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Startup Date: <input type="checkbox"/>			
	Date of Last Replacement: <input type="checkbox"/> DD <input type="checkbox"/> MMM <input type="checkbox"/> YYYY			
7.2.10	Cleaning the tube cooler			
PM	Tube cooler cleaned	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3	PET Gantry			
7.3.1	Running " gantrychk "			
SI	GIM and CP Parameters Checked	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SI	DEA Level Parameters Checked	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SI	DEA Block Level Parameters Checked	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3.2	Removing the PET Environmental Covers			
7.3.3	HTM Fan Functional Check			
SI	Function of HTM fans checked	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3.4	HTM Maintenance & Cleaning Task			
7.3.5	Semi-Annual PHS Roll Cover Cleaning			
PM	PHS Roll Cover Cleaning	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Maintenance of this section was performed by:			
	Signature: _____			
	Date: Name: _____			

Protocol **Date:** 13.06.17 **Serial-No.:** 45579

		OK	not OK	n.a.
7.3.6	Reinstall the PET Gantry Environmental Covers			
7.3.7	Restore the PET and CT Gantry's to their Normal Operating Positions			
7.3.8	Reinstall the PHS Patient Pallet			
7.4	ICS and IRS			
PM	Cleaning the ICS and the IRS towers	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Maintenance of this section was performed by:			
	Signature: _____			
	Date: Name: _____			
7.5	ACS3 and PRS			
PM	Cleaning the ACS3 and PRS Enclosures	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Maintenance of this section was performed by:			
	Signature: _____			
	Date: Name: _____			
7.6	Next steps			
7.6.1	Concluding test			
Q	Condition of the CT system checked	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Maintenance of this section was performed by:			
	Signature: _____			
	Date: Name: _____			

Protocol Date: 13.06.17 Serial-No.: 45579

OK not OK n.a.

8 Preventive Parts Replacement

8.1 General

8.1.1 Safety

8.1.2 Tools and auxiliary materials

8.1.3 Preparations

8.2 Replacing the ACS3/PRS UPS

PM ACS3/PRS UPS replaced
PM UPS Battery Tray Replaced

Startup Date:
Date of Last Replacement: DD MMM YYYY

8.3 Next steps

8.3.1 Concluding test

Q Condition of the Biograph system checked

Maintenance of this section was performed by:

Signature: _____

Date: Name: _____

9 Image Quality

9.1 General

9.1.1 Overview

9.1.2 Safety

9.1.3 Preparations

9.2 Performing the CT Constancy check

Q Quality check completed

Maintenance of this section was performed by:

Signature: _____

Date: Name: _____

Protocol Date: 13.06.17 Serial-No.: 45579

OK not OK n.a.

9.3 Performing the PET Quality Check (Daily QC)

Q PET Daily Quality Check passed

Maintenance of this section was performed by:

Signature: _____

Date: Name: _____

9.4 Next steps

9.4.1 Concluding test

Q Condition of the Biograph system checked

Maintenance of this section was performed by:

Signature: _____

Date: Name: _____

10 Final Steps

10.1 General

10.2 Installing the Unit Covers

SIM Covers and protective conductor cables are installed

Protocol _____ **Date:** 13.06.17 **Serial-No.:** 45579

OK not OK n.a.

10.3 Checking the system protective conductor

10.3.1 Biograph Truepoint CT and PET Assemblies

SIE CT Gantry: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

SIE PET Gantry: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

SIE Patient table (PHS): Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

SIE ICS tower: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

SIE ACS3 tower: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

SIE PRS tower: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

SIE IRS tower: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

SIE IEC tower: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

SIE ICS monitor: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

SIE IES monitor: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

Protocol _____ **Date:** 13.06.17 **Serial-No.:** 45579

OK not OK n.a.

10.3.2 Checking the system protective conductor

10.3.3 CARE Vision CT option

SIE Overhead support: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

SIE Monitor trolley: Protective conductor resistance $\leq 200 \text{ m}\Omega$

Measured value:

10.4 Cleaning the system

SIM Monitors cleaned

10.5 Testing the system application

Q Condition of the PET/CT system checked

Maintenance of this section was performed by:

Signature: _____

Date:

Name: _____

ANEXO 6

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Control de calidad:

EFC diario	<input type="text"/>				
SUV máx.	ROI 1	ROI 2	ROI 3	ROI 4	ROI 5
Mañana	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Medio día	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tarde	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Mediciones diarias:

Mañana		
T°G <input type="text"/>	T°A <input type="text"/>	H% <input type="text"/>
Medio día		
T°G <input type="text"/>	T°A <input type="text"/>	H% <input type="text"/>
Tarde		
T°G <input type="text"/>	T°A <input type="text"/>	H% <input type="text"/>

ANEXO 7

Juicio de expertos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO JUICIO DE EXPERTOS

Nombre del Experto: Lc. Isaac Jáuregui Torre
 Profesión: Tecnólogo Médico
 Ocupación: Tecnólogo Médico en Medicina Nuclear
 Grado Académico: Bachiller

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, le solicitamos su opinión sobre el instrumento que se adjunta. Marque con una X (aspa) en SI o NO en cada criterio según su opinión. Marque SI, cuando el ítem cumpla con el criterio señalado o NO cuando no cumpla con el criterio.

CRITERIOS	Opinión		
	SI	No	Observación
1. El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación.	X		
2. El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio.	X		
3. La estructura del instrumento es adecuado	X		
4. Los ítems (preguntas) del instrumento están correctamente formuladas. (claros y entendibles)	X		
5. Los ítems (preguntas) del instrumento responden a la Operacionalización de la variable.	X		
6. La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento.	X		
7. Las categorías de cada pregunta (variables) son suficientes.	X		
8. El número de ítems (preguntas) es adecuado para su aplicación.	X		


 E.F. S.R.L.
 Medicina Nuclear
 Lic. M. Isaac Jáuregui T.
 CTMP.2983
 Lic. Individual 0499-07

Firma de Experto

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] - Aplicable después de corregir []

No aplicable []

DNI: 07473873.....

Especialidad del validador: Medicina Nuclear.....

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO JUICIO DE EXPERTOS

Nombre del Experto: Enr. que Espinoza Esti
 Profesión: lic. TECNÓLOGO MÉDICO
 Ocupación: TECNÓLOGO MÉDICO EN MEDICINA Nuclear
 Grado Académico: BACHILLER

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, le solicitamos su opinión sobre el instrumento que se adjunta. Marque con una X (aspa) en SI o NO en cada criterio según su opinión. Marque SI, cuando el ítem cumpla con el criterio señalado o NO cuando no cumpla con el criterio.

CRITERIOS	Opinión		
	SI	No	Observación
1. El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación.	X		
2. El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio.	X		
3. La estructura del instrumento es adecuado	X		
4. Los ítems (preguntas) del instrumento están correctamente formuladas. (claros y entendibles)	X		
5. Los ítems (preguntas) del instrumento responden a la Operacionalización de la variable.	X		
6. La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento.	X		
7. Las categorías de cada pregunta (variables) son suficientes.	X		
8. El número de ítems (preguntas) es adecuado para su aplicación.	X		


 Lic. Enrique Jr. Espinoza Esti
 TECNÓLOGO MÉDICO - RADIOLOGIA
 CTMP: 4672
 Firma de Experto

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] - Aplicable después de corregir []

 No aplicable []

DNI: 41984168

Especialidad del validador: Medicina Nuclear

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO JUICIO DE EXPERTOS

Nombre del Experto: EVELINA A. MARCELO CARHUAVILCA
Profesión: LICENCIADA EN T.M - RADIOLOGIA
Ocupación: T.M - RADIOTERAPIA - DOCENTE
Grado Académico: LICENCIADA

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, le solicitamos su opinión sobre el instrumento que se adjunta. Marque con una X (aspa) en SI o NO en cada criterio según su opinión. Marque SI, cuando el ítem cumpla con el criterio señalado o NO cuando no cumpla con el criterio.

CRITERIOS	Opinión		
	SI	No	Observación
1. El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación.	✓		
2. El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio.	✓		
3. La estructura del instrumento es adecuado	✓		
4. Los ítems (preguntas) del instrumento están correctamente formuladas. (claros y entendibles)		✓	Especificar los puntos de medición del SUV max. PARA SU MEJOR ENTENDIMIENTO
5. Los ítems (preguntas) del instrumento responden a la Operacionalización de la variable.	✓		
6. La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento.	✓		
7. Las categorías de cada pregunta (variables) son suficientes.	✓		
8. El número de ítems (preguntas) es adecuado para su aplicación.	✓		pero definir el tiempo exacto de la investigación


Firma de Experto
EVELINA MARCELO CARHUAVILCA
TECNÓLOGO MÉDICO
C.R.M.P. 1492

Opinión de aplicabilidad: Aplicable []

Aplicable después de con

No aplicable []

DNI: 07085251

Especialidad del validador:

ANEXO 8



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
TECNOLOGÍA MÉDICA**



Ing. Italo Cavassa Morales

Gerente de PET SCAN PERÚ - CAM:

Presente.-

Es grato dirigirme a usted para hacerle llegar un saludo cordial y hacerle esta solicitud para manifestarle lo siguiente:

Siendo alumna del cuarto año de la E.P. de Tecnología Médica de la especialidad de Radiología, estoy realizando un proyecto de tesis titulado **“Valor de la eficiencia de los cristales en relación a la cuantificación del SUV en PET-CT”**

Por tal motivo, recorro a usted para solicitar el permiso para ejecutar la investigación en el servicio de medicina nuclear del Centro de medicina nuclear e imagenología molecular PET SCAN PERÚ - CAM que Ud. dirige.

Asimismo adjunto una copia del proyecto de tesis que describe el protocolo de investigación del comité de ética, para la evaluación respectiva.

Aprovecho la ocasión para hacer extensivo las muestras de mi especial consideración y estima.

Atentamente.

Ormeño Lara Alexandra Sayuri
Cod. alumno14010134

ANEXO 9

Certificado de calibración del fantoma de Germanio 68. 19/12/2016



Eckert & Ziegler
Isotope Products

Medical Imaging Laboratory

24937 Avenue Tibbitts Valencia, California 91355
Tel 661-309-1010 Fax 661-257-8303

Industrial Gauging and Medical Imaging Laboratory

1800 North Keystone Street Burbank, California 91504
Tel 661-309-1010 Fax 661-257-8303

CERTIFICATE OF CALIBRATION GAMMA STANDARD SOURCE

Radionuclide: Ge-68	Customer: PET CT PERU S.A.
Half-life: 270.8 ± 0.3 days	P.O. No.: 0007-16
Catalog No.: EG-0317-2M	Reference Date: 2016-12-01 12:00 PST
Source No.: 1903-70-1	Contained Radioactivity: 2.048 mCi 75.78 MBq (Ge-68 only)

Physical Description:

A. Capsule type:	1911-A12
B. Nature of active deposit:	Ge-68 distributed in 1.0 g/cc epoxy matrix
C. Active diameter/volume:	Approximately 6.3 L (6254 grams)
D. Backing:	Plastic
E. Cover:	Plastic

Radioimpurities:

None detected (Ga-68 daughter in equilibrium)

Method of Calibration:

This source was prepared from a weighed aliquot of solution whose activity in $\mu\text{Ci/g}$ was determined using a pressurized well type ionization chamber.

Uncertainty of Measurement:

A. Type A (random) uncertainty:	± 0.0 %
B. Type B (systematic) uncertainty:	± 3.0 %
C. Uncertainty in aliquot weighing:	± 0.0 %
D. Total uncertainty at the 99% confidence level:	± 3.0 %

Notes:

- See reverse side for leak test(s) performed on this source.
- This document uses the date convention YYYY-MM-DD in accordance with ISO 8601.
- EZIP participates in a NIST measurement assurance program to establish and maintain implicit traceability for a number of nuclides, based on the blind assay (and later NIST certification) of Standard Reference Materials (as in NRC Regulatory Guide 4.15).
- Nuclear data was taken from NCRP Report No. 58, 1985.
- This source has a recommended working life of 18 months.
- ISO 2919:2012 classification: ISO/12/C22314

Daniel James Van Delsan
Quality Control

2016-12-19
Date

EZIP Ref. No.: 1903-70



Authorized Representative

Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH Gieselweg 1 38110 Braunschweig Germany
Tel: +49 (0) 5307 9320 Fax: +49 (0) 5307 932 293

ISO 13485 CERTIFIED

✓ **Standard Wipe Test**

The source was wiped over its entire surface with a moistened filter paper disk. After drying, the disk was checked for activity using a scintillation detector.

Special Wipe Test

The source was wiped over its entire surface with moistened polystyrene. The polystyrene was then dissolved in a liquid scintillation cocktail and counted in a liquid scintillation counter.

Distilled Water Soak Test

The source was immersed in distilled water and maintained at $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ for a minimum of four hours or room temperature $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ for 24 hours. After removal of the source, the liquid was a) checked for activity using a liquid scintillation counter, or b) evaporated in a planchet and the residue checked for activity using a windowless proportional counter or end-window G.M. tube.

Liquid Scintillation Soak Test

The source was immersed for a minimum of 3 hours at room temperature $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ in a liquid scintillation cocktail, which does not attack the source's outer surface material. The source was stored away from light to avoid photoluminescence. The sealed source was then removed and the activity of the liquid scintillation cocktail was measured.

Gas Source Test

The source was placed in a vacuum desiccator and maintained at a pressure of <10 mm Hg for not less than 12 hours. The activity was checked by introducing air into the desiccator and monitoring the air with an end-window G.M. tube.

Ampoule Leak Test

The ampoule was kept in an inverted position on a filter paper disk or polystyrene wipe for a minimum of 16 hours. The wipe was then checked for activity using a scintillation detector or liquid scintillation counter.

Bubble Leak Test

The container was pressurized to its fill pressure; then soapy water was applied over its valve and neck or, the valve and neck of the vessel were immersed in water. If no growing bubbles were observed, the container was considered leak free.

Wipe Test for Industrial Ni-63 Sources

The sources were wipe tested by an approved sampling plan, which called for either 100% of the batch to be individually wipe tested, or, a subset thereof. The wipe test(s) used to test for removable contamination and the results of those tests are recorded on the front of this form.

Pressure Test for Triotech Kr-85 Sources

Prior to filling the vessel with Kr-85 gas, the vessel was evacuated to <5 mm Hg, the gas manifold system shut off and the system allowed to stand for a minimum of 30 minutes. A vacuum difference not greater than the known vacuum loss of the manifold system itself signified the vessel did not leak.

Leak Test Not Applicable

The active area of the source is uncovered or is protected by a very thin coating. Although the deposit is adherent, it is not designed or certified to pass a standard leak test. The inactive portions of the source have been checked using the standard wipe test or special wipe test depending on the nuclide.

Other Leak Test

Certificado de calibración del fantoma de Germanio 68. 05/05/2018



Eckert & Ziegler
Isotope Products

Medical Imaging Laboratory

24937 Avenue Tibbitts Valencia, California 91355
Tel 661-309-1010 Fax 661-257-8303

Industrial Gauging and Medical Imaging Laboratory

1800 North Keystone Street Burbank, California 91504
Tel 661-309-1010 Fax 661-257-8303

**CERTIFICATE OF CALIBRATION
GAMMA STANDARD SOURCE**

Radionuclide:	Ge-68	Customer:	PET CT PERU S.A.
Half-life:	270.8 ± 0.3 days	P.O. No.:	0001-18
Catalog No.:	EG-0317-2M	Reference Date:	2018-05-01 12:00 PST
Source No.:	2009-30-1	Contained Radioactivity:	1.932 mCi 71.48 MBq (Ge-68 only)

Physical Description:

A. Capsule type:	1911-A12
B. Nature of active deposit:	Ge-68 distributed in 1.0 g/cc epoxy matrix
C. Active diameter/volume:	Approximately 6.2 L (6215 grams)
D. Backing:	Plastic
E. Cover:	Plastic

Radioimpurities:

None detected (Ga-68 daughter in equilibrium)

Method of Calibration:

This source was prepared from a weighed aliquot of solution whose activity in $\mu\text{Ci/g}$ was determined using a pressurized well type ionization chamber.

Uncertainty of Measurement:

A. Type A (random) uncertainty:	± 0.0 %
B. Type B (systematic) uncertainty:	± 3.0 %
C. Uncertainty in aliquot weighing:	± 0.0 %
D. Total uncertainty at the 99% confidence level:	± 3.0 %

Notes:

- See reverse side for leak test(s) performed on this source.
- This document uses the date convention YYYY-MM-DD in accordance with ISO 8601.
- EZIP participates in a NIST measurement assurance program to establish and maintain implicit traceability for a number of nuclides, based on the blind assay (and later NIST certification) of Standard Reference Materials (as in NRC Regulatory Guide 4.15).
- Nuclear data was taken from NCRP Report No. 58, 1985.
- Recommended replacement date: 2019-05-01.
- ISO 2919:2012 classification: ISO/12/C22314

Daniel James Van Dalsen
Quality Control

2018-05-05
Date

EZIP Ref. No.: 2009-30



Authorized Representative

Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH Gieselweg 1 38110 Braunschweig Germany
Tel: +49 (0) 5307 9320 Fax: +49 (0) 5307 932 293

ISO 13485 CERTIFIED

✓ **Standard Wipe Test**

The source was wiped over its entire surface with a moistened filter paper disk. After drying, the disk was checked for activity using a scintillation detector.

Special Wipe Test

The source was wiped over its entire surface with moistened polystyrene. The polystyrene was then dissolved in a liquid scintillation cocktail and counted in a liquid scintillation counter.

Distilled Water Soak Test

The source was immersed in distilled water and maintained at $(50 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ for a minimum of four hours or room temperature $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ for 24 hours. After removal of the source, the liquid was a) checked for activity using a liquid scintillation counter, or b) evaporated in a planchet and the residue checked for activity using a windowless proportional counter or end-window G.M. tube.

Liquid Scintillation Soak Test

The source was immersed for a minimum of 3 hours at room temperature $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ in a liquid scintillation cocktail, which does not attack the source's outer surface material. The source was stored away from light to avoid photoluminescence. The sealed source was then removed and the activity of the liquid scintillation cocktail was measured.

Gas Source Test

The source was placed in a vacuum desiccator and maintained at a pressure of <10 mm Hg for not less than 12 hours. The activity was checked by introducing air into the desiccator and monitoring the air with an end-window G.M. tube.

Ampoule Leak Test

The ampoule was kept in an inverted position on a filter paper disk or polystyrene wipe for a minimum of 16 hours. The wipe was then checked for activity using a scintillation detector or liquid scintillation counter.

Bubble Leak Test

The container was pressurized to its fill pressure; then soapy water was applied over its valve and neck or, the valve and neck of the vessel were immersed in water. If no growing bubbles were observed, the container was considered leak free.

Wipe Test for Industrial Ni-63 Sources

The sources were wipe tested by an approved sampling plan, which called for either 100% of the batch to be individually wipe tested, or, a subset thereof. The wipe test(s) used to test for removable contamination and the results of those tests are recorded on the front of this form.

Pressure Test for Triotech Kr-85 Sources

Prior to filling the vessel with Kr-85 gas, the vessel was evacuated to <5 mm Hg, the gas manifold system shut off and the system allowed to stand for a minimum of 30 minutes. A vacuum difference not greater than the known vacuum loss of the manifold system itself signified the vessel did not leak.

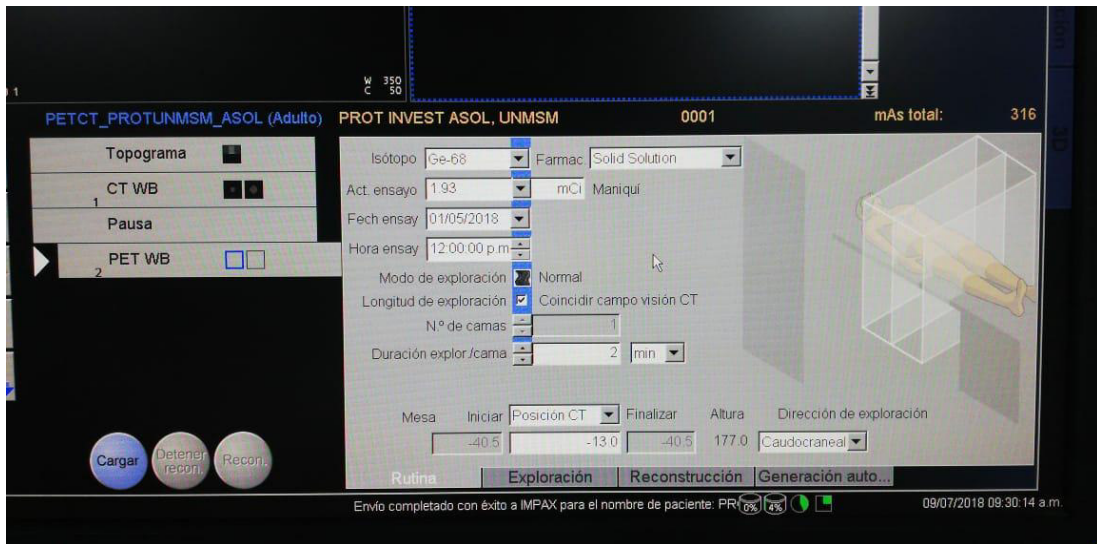
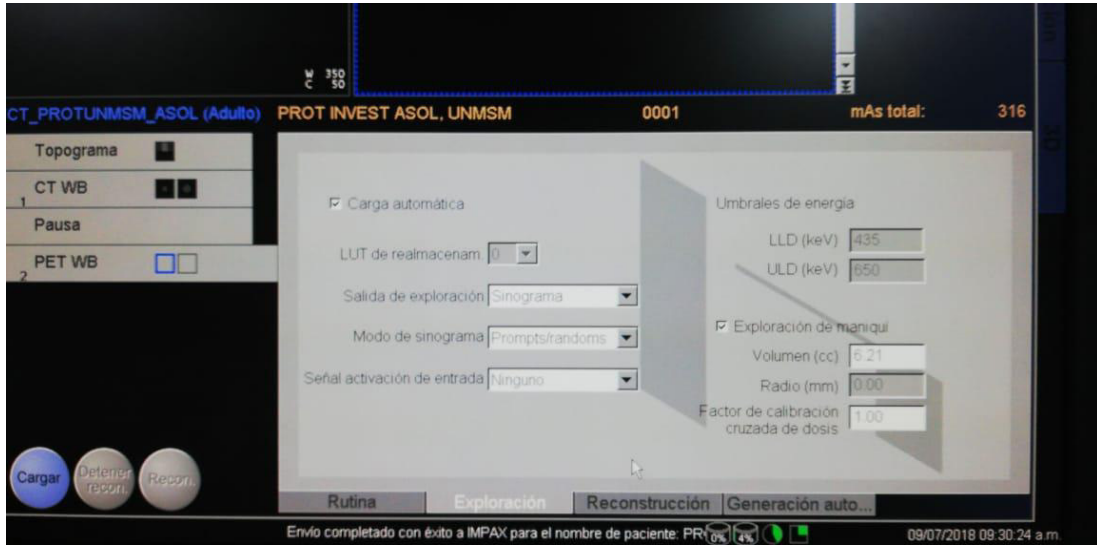
Leak Test Not Applicable

The active area of the source is uncovered or is protected by a very thin coating. Although the deposit is adherent, it is not designed or certified to pass a standard leak test. The inactive portions of the source have been checked using the standard wipe test or special wipe test depending on the nuclide.

Other Leak Test

IPL Form 448, R

ANEXO 10



ANEXO 11

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Valor de la eficiencia de los cristales en relación a la cuantificación del SUV en PET-CT</p>	<p>¿Cuál es la relación entre el valor de la eficiencia de los cristales y la cuantificación del SUV?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Establecer la relación de la eficiencia de los cristales con la cuantificación del SUV.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtener el valor EFC. • Determinar los datos de la cuantificación del SUV_{máx.} • Describir la temperatura ambiental, temperatura del gantry y humedad relativa. 	<p>Existe una relación entre el valor de la eficiencia de los cristales y la cuantificación SUV.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Valor de la eficiencia de los cristales • SUV • Temperatura ambiental, temperatura del gantry y humedad relativa 	<p>Tipo de investigación:</p> <p style="text-align: center;">Estudio cuantitativo y relacional.</p> <p>Diseño de la investigación:</p> <p style="text-align: center;">Observacional, prospectivo y de corte longitudinal.</p> <p>Población:</p> <p>Parámetros de controles de calidad diarios del PET-CT, realizados en el área de Medicina Nuclear del Centro de medicina nuclear e imagenología molecular PET SCAN PERÚ - CAMN dentro del periodo de estudio.</p> <p>Instrumento:</p> <p style="text-align: center;">Formato de recolección de datos</p>

ANEXO 12

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Tipo de variable	Escala de medición	Indicadores	Valores finales	Instrumento
Valor de la eficiencia de los cristales (ECF)	Factor del rendimiento de detección que depende de los procesos de interacción radiación–materia y por tanto depende de la naturaleza y energía de la radiación, así como de la naturaleza y estructura del detector.		Cuantitativa	Razón	$\frac{(Bq \times s)}{(\text{conteos ECAT})}$	2,65E+07 - 3,65E+07	Formato de recolección de datos
SUV	Índice semicuantitativo que relaciona la concentración del radiofármaco en un órgano o lesión analizada mediante una región de interés (ROI) con la actividad inyectada y el peso corporal del paciente.	SUV para fantoma	Cuantitativa	Razón	$\frac{(MBq/ml)}{MBq} \times g$	1 ± 0.1^{47}	Formato de recolección de datos

Temperatura	Magnitud física en relación a la cantidad de calor medida por un termómetro	Ambiente	Cuantitativa	Intervalo	°C	20 – 21 21.1 – 22 22.1 – 23 23.1 – 24	Formato de recolección de datos
		Gantry	Cuantitativa	Intervalo	°C	34 35 36 37	Formato de recolección de datos
Humedad relativa	Relación entre la cantidad del vapor de agua que tiene una masa de aire		Cuantitativa	Intervalo	%	30 – 40 41 – 50 51 – 60 61 – 70	Formato de recolección de datos